

SKRIPSI

**PENGENDALI INTENSITAS CAHAYA, SUHU, DAN
KELEMBAPAN PADA RUMAH KACA
DENGAN METODE PID**



Oleh :
Yopi Sukita Defriyadi
G1D008019

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BENGKULU
2014**

SKRIPSI

PENGENDALI INTENSITAS CAHAYA, SUHU, DAN KELEMBAPAN PADA RUMAH KACA DENGAN METODE PID

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan
Pendidikan Tingkat Sarjana (S1)**



**Oleh :
Yopi Sukita Defriyadi
G1D008019**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BENGKULU
2014**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

PENGENDALI INTENSITAS CAHAYA, SUHU, DAN KELEMBAPAN PADA RUMAH KACA DENGAN METODE PID

Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan hasil duplikasi dari skripsi dan/atau karya ilmiah lainnya yang pernah diduplikasikan dan/atau pernah dipergunakan untuk mendapatkan gelar keserjanaan di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Bengkulu, September 2014



Yopi Sukita Defriyadi
G1D008019

ABSTRAK

Budidaya tanaman di Indonesia selama ini umumnya masih menggunakan metode penanaman di lahan terbuka yang memiliki banyak kendala. Dampaknya adalah terganggunya pertumbuhan tanaman sehingga mempengaruhi produktivitas dan harga tanaman tersebut, untuk mengatasinya maka dapat diterapkan dengan menggunakan metode budidaya tanaman di dalam rumah kaca, sehingga dapat melakukan pengendalian dan pengontrolan variabel-variabel tersebut secara otomatis dan terus menerus. Perancangan pada penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu tahap perancangan *hardware* dan *software*. *Hardware* yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah sensor SHT11 untuk mengukur kelembapan dan suhu, sensor LDR untuk mengukur intensitas cahaya, mikrokontroler ATmega32 sebagai pengendali sistem secara keseluruhan, dan beberapa aktuator sebagai pengendali dan menjaga kestabilan di dalam rumah kaca yakni *blower* (kipas), *heater* (lampu), *sprayer* air, *sprayer* pupuk, penyiram tanah, ventilasi, dan gorden. *Software* pada alat ini menggunakan bahasa pemrograman Bascom AVR. Hasil proses pengendalian intensitas cahaya, kelembapan, dan suhu pada rumah kaca menghasilkan data persentase *error* suhu tertinggi sebesar 2,79% dan terendah sebesar 0,13%, sedangkan persentase kelembapan tertinggi sebesar 17,50% dan terendah sebesar 1,63%, serta persentase *error* intensitas cahaya tertinggi sebesar 1,12% dan terendah sebesar 0,19%.

Kata Kunci : Aktuator, Mikrokontroler ATmega32, Sensor.

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Keberhasilan adalah sebuah proses. Niatmu adalah awal keberhasilan. Peluh keringatmu adalah penyedapnya. Tetesan air matamu adalah pewarnanya. Doamu dan doa orang-orang di sekitarmu adalah bara api yang mematangkannya. Kegagalan di setiap langkahmu adalah pengawetnya. Maka dari itu, bersabarlah! Allah selalu menyertai orang-orang yang penuh kesabaran dalam proses menuju keberhasilan. Sesungguhnya kesabaran akan membuatmu mengerti bagaimana cara mensyukuri arti sebuah keberhasilan.”

“Barangsiapa bertaqwa pada Allah, maka Allah memberikan jalan keluar kepadanya dan memberi rezeki dari arah yang tidak disangka-sangka.. Barangsiapa yang bertaqwa pada Allah, maka Allah jadikan urusannya menjadi mudah.. Barangsiapa yang bertaqwa pada Allah akan dihapuskan dosa2nya dan mendapatkan pahala yang agung” (QS. Ath-Thalaq: 2, 3, 4).

"Banyak kegagalan dalam hidup ini dikarenakan orang-orang tidak menyadari betapa dekatnya mereka dengan keberhasilan saat mereka menyerah." (Thomas Alva Edison)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil ‘alamin.. Akhirnya aku sampai ke titik ini, sepercik keberhasilan yang Engkau hadiahkan padaku ya Rabb, serta shalawat dan salam kepada Rasulullah SAW. Terima kasih atas nikmat dan rahmat-Mu yang agung ini, hari ini hamba bahagia. Sebuah perjalanan panjang dan gelap telah kau berikan secercah cahaya terang. Meskipun hari esok penuh teka-teki dan tanda tanya yang aku sendiri belum tahu pasti jawabanya. Namun aku tak pernah takut, aku takkan pernah menyerah karena aku tak mau kalah, Aku akan terus melangkah berusaha dan berdo’a tanpa mengenal putus asa. Semoga sebuah karya mungil ini menjadi amal shaleh bagiku dan menjadi kebanggaan bagi keluargaku tercinta.

Kupersembahkan karya mungilku ini...

Untuk yang pertama, skripsi ini kupersembahkan kepada Ibuku Hj. Rita Rostika S.Ip dan kepada Ayahku H. Syukri AC, S.Pd mereka yang menjadi sosok pertama dari tujuan hidupku, yang telah melahirkan aku dari rahimmu, yang selalu membangkitkanku disaat terpuruk dari hidupku, yang selalu menjadi panutanku, yang selalu mengajarkan arti dari hidup. Sungguh, terima kasih ayah-ibu.

Dan juga terima kasih kepada sosok yang selalu mencerahkan keadaan rumah dan selalu kusayang, kakakku Eka Sukita Marviyenti dan Tedi Sukita Oktriyadi. Merekalah jugalah yang mengajarkanku sewaktu kecil, menjagaku, dan selalu membantuku di saat aku butuh bantuan. Buat teman hidupku Anggraini Wulandhari, S.ST yang selalu membuatku tersenyum, yang selalu berbagi kisah hidup, membantuku di saat aku mengerjakan skripsi ini.

Terimakasih Terucap untuk Teman-Teman Elektro Angkatan 2008, Sulaiman, Denson, Meky, Agung, Ayu, Diana, Wilda, Riki, Afrie, Marjoko, Anom, Pico, Jaya, Sumarlihan, Diki, Adser, Edu, Afriandi, Okti, Pujo, Hendra, Aank, Deni, Agy, Andes, Yopi Aldean, dan yang lain2nya mungkin lupa disebut namanya.

Terimakasih pula saya ucapkan kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, yang telah bersedia membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini. *And the last, for my almamater..* Kampus kebanggaanku Prodi Teknik Elektro Universitas Bengkulu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Pengendali Intesitas Cahaya, Suhu, dan Kelembapan pada Rumah Kaca dengan Metode PID”.

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah skripsi yang merupakan salah satu mata kuliah wajib dalam kurikulum Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu dan merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan sarjana di Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih, terutama kepada:

1. Bapak Dr. Ridwan Nurazi, SE, M.Sc, selaku Rektor Universitas Bengkulu
2. Bapak Khairul Amri S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bengkulu
3. Bapak Irnanda Priyadi, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu
4. Bapak Irnanda Priyadi, S.T., M.T sebagai Dosen Pembimbing Akademik
5. Bapak Alex Surapati, S.T., M.T sebagai Dosen Pembimbing Utama
6. Bapak Indra Agustian, S.T., M.Eng sebagai Dosen Pembimbing Pendamping
7. Teman-teman Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu

Semoga bantuan yang telah diberikan kepada penulis akan mendapat imbalan yang setimpal dari Allah SWT. Amin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kelemahan dan kekurangannya. Untuk itu saran beserta kritik yang membangun selalu penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis juga berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca. Terima kasih.

Bengkulu, September 2014

PENULIS

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB 1	PENDAHULUAN	1
1.1	Latar Belakang.....	1
1.2	Perumusan Masalah.....	2
1.3	Batasan Masalah.....	2
1.4	Tujuan Penelitian.....	3
BAB 2	TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1	Rumah Kaca (<i>Greenhouse</i>)	6
2.2	Faktor Eksternal Pertumbuhan Tanaman	6
2.2.1.	Nutrisi	6
2.2.2.	Air.....	7
2.2.3.	Cahaya	7
2.2.4.	Suhu	7
2.2.5.	Kelembapan.....	8
2.3	Suhu dan Kelembapan.....	8
2.4	Sensor Kelembapan dan Suhu SHT-1x	9
2.5	<i>Light Dependent Resistor</i> (LDR).....	10
2.6	Kontroler PID	11
2.6.1	Kontrol Proporsional (P).....	12
2.6.2	Kontrol Integral (I).....	12

2.6.3 Kontrol Derivatif (D)	13
2.6.4 Kontrol PID	13
2.6.5 Aksi Kontrol Proportional + Integral + Derivatif.....	14
2.7 Mikrokontroler	15
2.7.1 Mikrokontroler AVR ATmega32	15
2.7.2 RTC (<i>Real Time Clock</i>) DS 1307	20
2.7.3 <i>Relay</i>	21
2.7.4 Komunikasi Serial RS232.....	23
2.7.4 LCD 20x4.....	23
2.8 <i>Power Supply</i>	24
2.9 Optocoupler 817C	25
2.10 Motor Servo.....	26
2.11 Motor DC.....	28
2.12 <i>Driver</i> Motor DC.....	29
 BAB 3 METODE PENELITIAN	30
3.1 Alat dan Bahan yang digunakan	30
a. Alat	30
b. Bahan	30
3.2 Skema Pengontrolan Rumah Kaca	31
3.3 Perancangan Sistem (<i>Hardware</i> dan <i>Software</i>).....	32
3.3.1 Rangkaian <i>Power Supply</i>	32
3.3.2 Rangkaian LCD.....	34
3.3.3 Rangkaian Mikrokontroler.....	34
3.3.4 Rangkaian Optocoupler.....	35
3.3.5 <i>Driver</i> Motor DC	35
3.3.6 Rangkaian Clock	36
3.4 Rangkaian Keseluruhan Rancangan <i>Hardware</i>	37
3.5 Metode Pengujian.....	38
3.5.1 Pengujian Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ...	38
3.5.2 Pengujian Sensor Kelembapan dan Suhu (SHT11)	38
3.5.3 Pengujian Sensor LDR (<i>Light Dependent Resistor</i>)	38

3.5.4 Pengujian Kerja <i>On-Off</i> Aktuator terhadap Sensor SHT11 dan LDR	39
3.5.5 Pengujian Kinerja Sistem Pengendalian Suhu dan Kelembapan	39
3.6 Flowchart Sistem	39
3.7 Diagram Blok Pengendalian Sistem pada Rumah Kaca.....	42
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Pengujian Kinerja Komponen Instrumen	43
4.1.1 Pengujian Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega32	43
4.1.2 Pengujian Sensor Kelembapan dan Suhu (SHT11)	45
4.1.3 Pengujian Sensor LDR (<i>Light Dependent Resistor</i>)	48
4.1.4 Pengujian Sensor LDR (<i>Light Dependent Resistor</i>) terhadap Keluaran Tegangan (Output Tegangan)	50
4.1.5 Pengujian Kerja <i>On-Off</i> Aktuator terhadap Sensor SHT11	51
4.1.6 Pengujian Kerja <i>On-Off</i> Aktuator terhadap Sensor LDR.....	53
4.2 Pengujian Kinerja Sistem Pengendalian Suhu dan Kelembapan	54
4.3 Pengujian Performa PID terhadap Intensitas Cahaya.....	57
BAB 5 PENUTUP	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sensor SHT-10, SHT-11, dan SHT-15.....	9
Gambar 2.2 Contoh dimensi sensor SHT11.....	9
Gambar 2.3 Konfigurasi fungsi pin sensor SHT-1x.....	10
Gambar 2.4 Rangkaian aplikasi sensor SHT-1x	10
Gambar 2.5 <i>Light Dependent Resistor</i> (LDR) dan simbolnya.....	10
Gambar 2.6 Rangkaian sensor cahaya dengan LDR.....	11
Gambar 2.7 Diagram Blok Kontroler PID.....	13
Gambar 2.8 Bentuk Fisik Mikrokontroler ATmega32.....	15
Gambar 2.9 Arsitektur ATmega32.....	16
Gambar 2.10 Susunan Kaki Mikrokontroler ATmega32.....	17
Gambar 2.11 Pin RTC DS 1307.....	21
Gambar 2.12 <i>Relay</i> Tipe SPDT (<i>Single Pole Double Throw</i>)	22
Gambar 2.13 Pin-pin pada LCD 20x4	24
Gambar 2.14 Bentuk Fisik dan Dasar Rangkaian Optocoupler 817C	26
Gambar 2.15 Motor Servo	27
Gambar 2.16 Sistem Mekanik Motor Servo	27
Gambar 2.17 Motor DC Sederhana.....	28
Gambar 2.18 Driver Motor L298	29
Gambar 3.1 Skema Pengontrolan Rumah Kaca.....	31
Gambar 3.2 <i>Power Supply</i>	33
Gambar 3.3 Skema Rangkaian <i>Power Supply</i>	33
Gambar 3.4 Rangkaian LCD.....	34
Gambar 3.5 Rangkaian Mikrokontroler	34
Gambar 3.6 Rangkaian Optocoupler.....	35
Gambar 3.7 Rangkaian <i>Driver</i> Motor L298.....	35
Gambar 3.8 Rangkaian <i>Clock</i>	36
Gambar 3.9 Rangkaian Keseluruhan Rumah Kaca Otomatis 1	37
Gambar 3.10 Rangkaian Keseluruhan Rumah Kaca Otomatis 2	37
Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> Sistem	39
Gambar 3.12 Diagram Blok Pengendalian Suhu	42

Gambar 3.13 Diagram Blok Pengendalian Kelembapan	42
Gambar 3.11 Diagram Blok Pengendalian Intensitas Cahaya	42
Gambar 4.1 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler ATmega32	43
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Suhu Sensor SHT11 terhadap Suhu Termometer.....	46
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Kelembapan Sensor SHT11 terhadap Kelembapan Hygrometer	47
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Intensitas Cahaya dengan LDR terhadap Intensitas Cahaya Luxmeter.....	49
Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Intensitas Cahaya Sebenarnya terhadap <i>Output</i> Tegangan.....	51
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Hasil Pengujian Suhu Acuan dengan Suhu Terukur pada Tumbuhan Stroberi.....	56
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Hasil Pengujian Kelembapan Acuan dengan Kelembapan Terukur terhadap Tumbuhan Stroberi	56
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Hasil Pengujian Intensitas Cahaya (PID) terhadap Waktu.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fungsi Khusus Port A	18
Tabel 2.2 Fungsi Khusus Port B	19
Tabel 2.3 Fungsi Khusus Port C	19
Tabel 2.4 Fungsi Khusus Port D	20
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Rangkaian Mikrokontroler	44
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Sensor SHT11 terhadap Alat Ukur Pembanding	45
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Sensor LDR terhadap Alat Ukur Pembanding	48
Tabel 4.4 Data Hasil Pengujian Intensitas Cahaya Sebenarnya terhadap Output Tegangan	50
Tabel 4.5 Pengujian Kerja <i>On-Off</i> Aktuator terhadap Sensor SHT11	52
Tabel 4.6 Pengujian Kerja <i>On-Off</i> Aktuator terhadap Sensor LDR	53
Tabel 4.7 Data Pengujian Suhu dan Kelembapan dari Keadaan Awal Menuju <i>set point</i>	54
Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Suhu dan Kelembapan dengan Tumbuhan Stroberi	55
Tabel 4.9 Data Hasil Pengujian Performa PID terhadap Intensitas Cahaya	57

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Rumah kaca (*greenhouse*) adalah sebuah bangunan yang terbuat dari kaca atau plastik yang memudahkan sinar matahari masuk ke dalam rumah kaca tersebut, sehingga kondisi lingkungan di rumah kaca dapat dimanipulasi agar tanaman di dalamnya dapat berkembang optimal serta melindungi tanaman dari kondisi iklim yang merugikan bagi pertumbuhan tanaman [1]. Akibatnya rumah kaca akan menjadi panas karena adanya radiasi elektromagnetik yang datang dari matahari yang memanaskan tumbuhan, tanah, dan benda lainnya di dalam bangunan ini. Kaca yang digunakan untuk rumah kaca bekerja sebagai medium transmisi yang dapat memilih frekuensi spektral yang berbeda-beda. Tujuannya adalah untuk menangkap energi di dalam rumah kaca yang akan memanaskan tumbuhan dan tanah di dalamnya, serta memanaskan udara yang ada di dekat tanah. Udara ini kemudian dicegah agar tidak naik ke atas dan mengalir keluar. Oleh karena itu, rumah kaca bekerja dengan menangkap radiasi elektromagnetik dan mencegah konveksi.

Ruangan yang tertutup dari rumah kaca mempunyai kebutuhan yang unik jika dibandingkan dengan lingkungan yang ada di luar ruangan. Suhu, cahaya, dan kelembapan harus dikontrol dengan baik, begitu juga dengan hama dan penyakit yang bisa mengganggu kelangsungan hidup tumbuhan. Selain itu, irigasi juga dibutuhkan untuk menyediakan air. Oleh karena itu perlu dilakukan pengontrolan terhadap parameter-parameter yang mempengaruhi kelangsungan hidup tumbuhan pada rumah kaca.

Usaha pengendalian intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan dalam rumah kaca membutuhkan suatu perangkat tambahan. Perangkat tambahan untuk mengendalikan kelembapan dan suhu udara yakni penyemprot air, kipas angin, lampu, dan ventilasi. Sedangkan perangkat tambahan untuk mengendalikan intensitas cahaya yakni gorden/tirai. Perangkat tambahan ini bekerja berdasarkan keluaran yang didapat oleh suatu sensor. Sensor yang digunakan di dalam penelitian ini yakni sensor SHT11 (modul sensor suhu dan kelembapan) dan

sensor LDR (sensor intensitas cahaya). Dengan adanya perangkat pengendalian intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan pada rumah kaca ini diharapkan akan memaksimalkan pemanfaatan rumah kaca sebagai media untuk membudidayakan tanaman, sehingga tanaman dapat mengalami perkembangan yang baik serta menghasilkan produksi yang baik pula.

Berdasarkan uraian di atas, maka fokus penelitian ini berjudul **“Pengendali Intensitas Cahaya, Suhu, dan Kelembapan pada Rumah Kaca dengan Metode PID”**.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang sistem dan monitoring intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan pada tanaman di dalam rumah kaca?
2. Bagaimana cara mengimplementasikan dan menganalisis sistem berbasis metode PID untuk pengendalian intensitas cahaya, dan metode Kontrol *Gap On-Off* untuk pengendalian suhu dan kelembapan?
3. Bagaimana cara menganalisis kestabilan sistem di dalam rumah kaca?

1.3. Batasan Masalah

1. Rancang bangun alat ini bersifat rumah kaca mini.
2. Penggunaan PID untuk menstabilkan output dari kerja sensor LDR yang digunakan untuk mengatur intensitas cahaya dan penggunaan Kontrol *Gap On-Off* untuk menstabilkan suhu dan kelembapan di dalam rumah kaca.
3. Jenis tanaman yang akan diujicobakan adalah stroberi.
4. Perangkat pendukung tidak dibahas secara mendetail seperti konstruksi rumah kaca.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Merancang sistem dan monitoring intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan pada tanaman di dalam rumah kaca.
2. Mengimplementasikan dan menganalisis sistem berbasis metode PID untuk pengendalian intensitas cahaya, dan metode Kontrol *Gap On-Off* untuk pengendalian suhu dan kelembapan.
3. Menganalisis kestabilan sistem di dalam rumah kaca.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Wai Wai Shein, dkk (2012) [2] dengan penelitian yang berjudul “*PID Controller for Temperature Control with Multiple Actuators in Cyber-Physical Home System*” mengimplementasikan metode kontroler PID dan kontroler hybrid. Penelitian ini bertujuan untuk mencari tahu bagaimana kontroler PID dan kontroler hybrid menjaga suhu ruangan setiap waktu sesuai dengan yang diinginkan hanya dengan dua aktuator dan biaya sumber daya yang minimal dan juga bertujuan untuk mengembangkan aplikasi praktis dari sistem *cyber* fisik (CPS) untuk sistem HTC (*Home Temperatur Control*) dengan menggunakan MATLAB atau Simulasi simulink. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan sistem CPS berbasis HTC maka dapat meminimalisir biaya dengan menggunakan kontroler *hybrid* dengan kerja sama yang baik antar kedua aktuator, serta dengan penggunaan CPS berbasis HTC ini telah terbukti memiliki dua karakteristik yang jelas salah satunya adalah kontroler PID dapat digunakan untuk mencapai suhu yang diinginkan dengan lebih cepat, karakteristik yang lainnya adalah pengontrol hybrid dapat digunakan untuk mengoptimalkan biaya sumber daya dari keseluruhan sistem.

Chunfeng, dkk (2011) [3] dengan penelitian yang berjudul “*Applications of DMC-PID Algorithm in the Measurement and Control System for the Greenhouse Enviromental Factors*” melakukan penelitian mengenai aplikasi algoritma DMC (*Dynamic Matrix Control*)-PID dalam sistem pengukuran dan kontrol untuk faktor lingkungan rumah kaca, sebagai persyaratan dari siklus pertumbuhan tanaman secara keseluruhan terhadap lingkungan pertumbuhan yang optimal. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah struktur kontrol *cascade* DMC-PID dapat mengatasi kontrol prediktif dan singkat pada PID tradisional, yang tidak hanya memiliki *overshoot* kecil, respon yang cepat, stabilitas yang baik, tetapi juga memiliki sedikit kesalahan pada *steady-state*.

Songwei Zeng, dkk (2012) [4] yang berjudul “*Nonlinear Adaptive PID Control for Greenhouse Environment Based on RBF Network*” melakukan penelitian mengenai strategi pengendalian hibrida dengan menggabungkan

jaringan *Radial Basis Function* (RBF) dengan kontroler *proporsional, integral, dan deriatif* (PID) yang konvensional untuk mengontrol iklim rumah kaca. Tujuan dari penelitian ini adalah menyempurnakan dan mengidentifikasi semua peningkatan parameter PID secara *online* dan *adaptif* dengan menggunakan jaringan RBF serta membandingkan metode penyetelan secara *online adaptif* yang diusulkan dengan *tuning* skema *offline* yang menggunakan *Genetic Algoritm* (GA) untuk mencari parameter gain yang optimal. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa strategi yang diusulkan memiliki kemampuan beradaptasi yang baik, ketahanan yang kuat, dan kinerja *real-time* ketika mencapai kinerja kontrol yang memuaskan untuk sistem kontrol iklim rumah kaca kompleks dan nonlinier.

Jun Kang, dkk (2013) [5] dalam penelitian yang berjudul “*An Adaptive PID Neural Network for Complex Nonlinear System Control*” menggunakan metode pengendalian yang efektif berdasarkan jaringan Neural adaptif PID dan algoritma *partikel swarm optimization*. Algoritma PSO ini diadopsi untuk memilih bobot awal, memecahkan masalah yang mempengaruhi nilai awal dalam pelatihan, meningkatkan kecepatan konvergen, dan mencegah bobot terjebak ke dalam optima lokal. Hasil penelitian ini adalah bahwa pengendali yang diusulkan dapat memperoleh presisi yang baik dengan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan metode yang lainnya. Pengendali ini memiliki pendekatan kontrol yang baru untuk sistem nonlinear yang kompleks.

Berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian yang dilakukan saat ini juga membuat pengendalian dan pengontrolan rumah kaca, tetapi variabel yang digunakan dalam pengendalian ini lebih lengkap dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga variabel, yaitu intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan. Variabel intensitas cahaya menggunakan metode PID untuk mengatur gorden/tirai, sedangkan variabel suhu dan kelembapan menggunakan metode Kontrol *Gap On-Off* untuk mengatur kestabilan suhu dan kelembapan. Selain itu kelebihan penelitian ini adalah *low cost* (biaya murah), sehingga tidak menyulitkan bagi yang ingin membuatnya dan penggunaan aktuator yang lebih lengkap sebagai pengendali rumah kaca.

2.1. Rumah Kaca (*Greenhouse*)

Rumah kaca memiliki bentuk yang menyerupai dengan rumah-rumahan yang tertutup dan transparan yang bisa ditembus oleh cahaya matahari. Lalu cahaya matahari dimanfaatkan untuk menanam tanaman agar tanaman tersebut tumbuh secara optimal tanpa dipengaruhi adanya iklim luar. Untuk tujuan tersebut, rumah kaca sebaiknya mempunyai transmisi cahaya yang tinggi, konsumsi panas yang rendah, ventilasi yang cukup dan efisien, struktur yang kuat, konstruksi, dan biaya operasional yang murah serta berkualitas tinggi [6].

Rumah kaca merupakan media yang digunakan untuk mengendalikan dan menjaga keadaan iklim, serta lingkungan di dalam suatu ruangan atau bisa disebut dengan iklim buatan untuk menjaga kelembapan udara, tanah, suhu, dan intensitas cahaya. Sehingga besarnya suhu, tingkat kelembapan, dan kadar asam dalam tanah di dalam rumah kaca tersebut akan berbeda dengan kondisi suhu, kelembapan, dan tanah diluarnya. Beberapa parameter yang diperhatikan didalam rumah kaca, diantaranya adalah suhu ruangan, suhu tanah, kelembapan udara, pengairan, pemupukan, kadar cahaya, dan pergerakan sirkulasi udara (ventilasi).

Rumah kaca untuk daerah beriklim tropis sangat memungkinkan dan mempunyai banyak keuntungan dalam produksi dan budidaya tanaman. Produksi dapat dilakukan sepanjang tahun tanpa dipengaruhi perubahan cuaca, dimana produksi dalam lahan yang terbuka tidak memungkinkan karena adanya berbagai faktor yang tidak menunjang dalam budidaya tanaman seperti curah hujan yang terlalu tinggi, suhu yang ekstrim, angin yang kencang, dan berbagai faktor lainnya.

2.2. Faktor Eksternal Pertumbuhan Tanaman

Faktor luar yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan adalah faktor lingkungan, misalnya nutrisi, air, cahaya, suhu, dan kelembapan.

2.2.1. Nutrisi

Nutrisi terdiri atas unsur-unsur atau senyawa-senyawa kimia sebagai sumber energi dan sumber materi untuk sintesis berbagai komponen sel yang diperlukan selama pertumbuhan. Nutrisi umumnya diambil dari dalam tanah

dalam bentuk ion dan kation, sebagian lagi diambil dari udara. Unsur-unsur yang dibutuhkan dalam jumlah yang banyak disebut makro (C, H, O, P, K, S, Ca, Fe, Mg). Adapun unsur-unsur yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit disebut unsur mikro (B, Mn, Mo, Zn, Cu, Cl). Jika salah satu kebutuhan unsur-unsur tersebut tidak terpenuhi, akan mengakibatkan kekurangan unsur yang disebut defisiensi.

2.2.2. Air

Kekurangan air pada tanah menyebabkan terhambatnya proses osmosis. Proses osmosis akan terhenti atau berbalik arah yang berakibat keluarnya materi-materi dari protoplasma sel-sel tumbuhan, sehingga tanaman kering dan mati.

2.2.3. Cahaya

Cahaya mutlak diperlukan dalam proses fotosintesis. Cahaya secara langsung berpengaruh terhadap pertumbuhan setiap tanaman. Pengaruh cahaya secara langsung dapat diamati dengan membandingkan tanaman yang tumbuh dalam keadaan gelap dan terang. Pada keadaan gelap, pertumbuhan tanaman mengalami etiolasi yang ditandai dengan pertumbuhan yang abnormal (lebih panjang), pucat, daun tidak berkembang, dan batang tidak kukuh. Sebaliknya dalam keadaan terang tumbuhan lebih pendek, batang kukuh, daun berkembang sempurna dan berwarna hijau. Dalam fotosintesis, cahaya berpengaruh langsung terhadap ketersediaan makanan. Tumbuhan yang tidak terkena cahaya tidak dapat membentuk klorofil, sehingga daun menjadi pucat. Panjang penyinaran mempunyai pengaruh yang spesifik terhadap pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.

2.2.4. Suhu

Suhu berpengaruh terhadap fisiologi tumbuhan, antara lain memengaruhi kerja enzim. Suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan menghambat proses pertumbuhan. Fotosintesis pada tumbuhan biasanya terjadi di daun, batang, atau bagian lain tanaman. Tumbuhan dapat hidup dan tumbuh dengan baik dalam rentang suhu tertentu, yaitu di antara suhu minimum (suhu terendah $\pm 10^{\circ}\text{C}$) dan suhu maksimum (suhu tertinggi 30°C hingga 38°C), sedangkan suhu yang paling baik untuk pertumbuhan tumbuhan tersebut disebut suhu optimum (15°C hingga 30°C).

2.2.5. Kelembapan

Kelembapan ada kaitannya dengan laju transpirasi melalui daun karena transpirasi akan terkait dengan laju pengangkutan air dan unsur hara terlarut. Bila kondisi lembap dapat dipertahankan, maka banyak air yang diserap tumbuhan dan lebih sedikit yang diuapkan. Kondisi ini mendukung aktivitas pemanjangan sel sehingga sel-sel lebih cepat mencapai ukuran maksimum dan tumbuh bertambah besar. Pada kondisi ini, faktor kehilangan air sangat kecil karena transpirasi yang kurang. Adapun untuk mengatasi kelebihan air, tumbuhan beradaptasi dengan memiliki permukaan helaian daun yang lebar.

2.3. Suhu dan Kelembapan

Suhu dan kelembapan udara yang akan dipelihara dalam rumah kaca bergantung pada jenis tanamannya. Contohnya beberapa jenis tanaman tropis tidak akan tumbuh dengan baik pada suhu di bawah 20 °C atau di atas 30 °C. Umumnya, suhu minimum pada rumah kaca adalah 20 °C, dan pada siang hari suhu ruangan akan bertambah panas. Untuk itu sistem ventilasinya harus bekerja baik saat mencapai suhu panas yang berlebih. Untuk mendinginkan dan menstabilkan kembali suhu di dalam ruangan atau rumah kaca.

Kelembapan udara merupakan unsur lain bagi tanaman untuk tumbuh dengan optimum. Beberapa sumber mengatakan bahwa kelembapan normal pada rumah kaca, yaitu sekitar 80 %RH. Pengaruh suhu terhadap kelembapan sangat sensitif, suhu udara yang hangat dapat menampung uap air dengan baik. Tiap kenaikan suhu 10 °C, volume uap air maksimum dalam udara hampir dua kali lipat.

Ketika udara dari suatu suhu tertentu dipenuhi dengan air seperti contoh saat hujan, kita dapat mengasumsikan tingkat kelembapannya 100% RH (*relative humidity*). *Relative humidity* merupakan kepadatan uap air yang ada di udara ketika terjadi perubahan suhu pada skala tertentu. Perubahan tersebut dapat dirumuskan pada Persamaan 2.1 [6].

$$H = \frac{v_{dL}}{v_{dH}} \times 100\% \quad (2.1)$$

dimana:

H = tingkat kelembapan dalam %RH

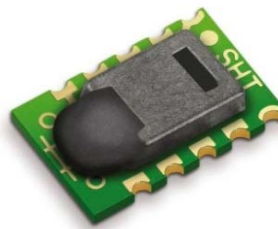
V_{dL} = kepadatan uap air saat suhu minimum (aktual) dalam g/m^3

V_{dH} = kepadatan uap air saat suhu maksimal (saturasi) dalam g/m^3

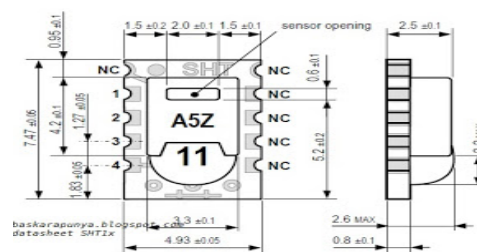
2.4. Sensor Kelembapan dan Suhu SHT-1x

Sensor SHT-1x memiliki dua kegunaan, yaitu untuk mendeteksi kelembapan (*humidity*) dan mendeteksi suhu/temperatur. Bentuk fisik dari SHT11 terlihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2. Keunggulan sensor SHT-1x adalah sebagai berikut:

1. Terkalibrasi penuh,
2. Memiliki keluaran digital,
3. Konsumsi daya rendah, dan
4. Stabilitas dalam jangka waktu lama baik.



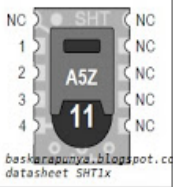
Gambar 2.1. Sensor SHT-10, SHT-11, dan SHT-15
(Sumber: Datasheet SHT1x)



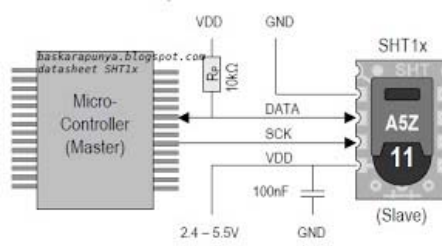
Gambar 2.2. Contoh dimensi sensor SHT-11
(Sumber: Datasheet SHT1x)

Gambar 2.3 menampilkan konfigurasi fungsi pin sensor SHT-1x, sedangkan Gambar 2.4 merupakan gambar rangkaian aplikasi sensor SHT-1x, yaitu hubungan sensor SHT-1x dengan IC mikrokontroler sebagai peranti pengendalinya [7].

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial Data, bidirectional
3	SCK	Serial Clock, input only
4	VDD	Source Voltage
NC	NC	Must be left unconnected



Gambar 2.3. Konfigurasi fungsi pin sensor SHT-1x
(Sumber: Datasheet SHT1x)

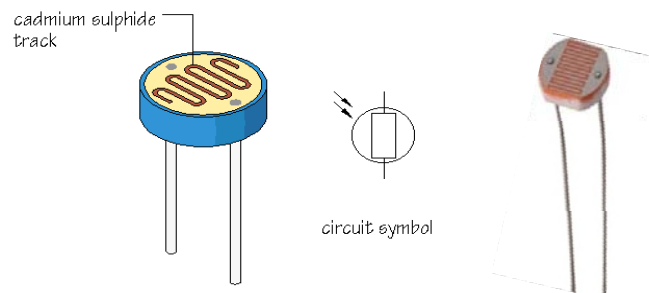


Gambar 2.4. Rangkaian aplikasi sensor SHT-1x
(Sumber: Datasheet SHT1x)

Rangkaian aplikasi Gambar 2.4 juga memasukkan resistor tarik/*pull-up* R_p dan *decoupling* VDD dengan GND yang menggunakan kapasitor.

2.5. Light Dependent Resistor (LDR)

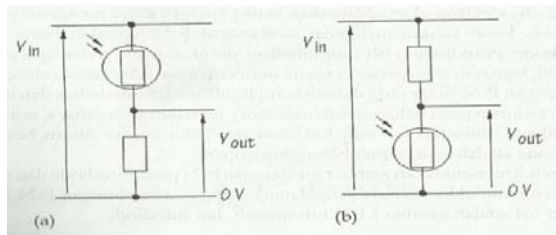
Unsur kimia yang disebut *Cadmium sulfide* (CdS) memiliki sifat yang khas, yaitu resistans listriknya akan berkurang apabila ada cahaya yang jatuh di atasnya. Efek dari unsur kimia ini dimanfaatkan dengan menempatkan lapisan kimia pada kotak logam yang ditutupi jendela tembus pandang. Komponen elektronika yang terbentuk dinamakan *Light Dependent Resistor*, disingkat LDR. Dibandingkan tranduser lainnya, tanggapan LDR sangat lambat (dalam seperseratus detik). Gambar 2.5 merupakan bentuk fisik dari LDR dan simbolnya.



Gambar 2.5. *Light Dependent Resistor* (LDR) dan simbolnya
(Sumber: Datasheet LDR)

Gambar 2.6 merupakan rangkaian sensor dengan LDR. Gambar 2.6 (a) adalah rangkaian sensor cahaya dengan LDR di atas, sedangkan Gambar 2.6 (b) adalah rangkaian sensor cahaya dengan LDR di bawah. Cara menghitung V_{out} dua rangkaian tersebut menggunakan Persamaan 2.2.

$$V_{out} = \frac{V_{bawah}}{V_{bawah} + V_{atas}} \cdot V_{in} \quad (2.2)$$



Gambar 2.6. Rangkaian sensor cahaya dengan LDR
(Sumber: Datasheet LDR)

Dengan membuat dua rangkaian tersebut, akan diketahui rangkaian manakah yang memiliki tanggapan yang baik (*high-sensibility*) terhadap cahaya, apakah rangkaian (a) ataukah rangkaian (b).

Apabila titik keluaran rangkaian sensor pada Gambar 2.6 dihubungkan dengan komponen pengendali, maka saat intensitas cahaya rendah sensor akan memberikan sinyal logika tinggi/*high* (1) pada pengendali. Sebaliknya, saat intensitas cahaya tinggi sensor akan memberikan sinyal logika rendah/*low* (0) pada pengendali. Kondisi inilah yang akan memberikan informasi tentang lingkungan di sekitar sensor kepada pengendali [7].

2.6. Kontroler PID

Menurut sebuah survey [8], 97% industri yang bergerak di bidang proses menggunakan kontrol PID dalam melakukan pengontrolannya. Luasnya penggunaan kontroler PID pada dasarnya dilatarbelakangi beberapa hal diantaranya:

- Kesederhanaan struktur kontrol. Kontroler PID hanya mempunyai 3 parameter utama yang perlu diatur (*tuning*).
- Kontrol PID memiliki sejarah yang panjang. PID telah digunakan jauh sebelum era digital berkembang (1930-an).

- c. Kontrol PID dalam banyak kasus telah terbukti menghasilkan unjuk kerja yang relatif memuaskan baik digunakan sebagai sistem regulator maupun sebagai sistem servo.

Pada awalnya, kontroler PID umumnya diimplementasikan dengan menggunakan rangkaian elektronika analog. Seiring dengan berkembangnya dunia digital (terutama mikroprosesor dan mikrokontroler), algoritma kontrol PID dapat direalisasikan ke dalam bentuk persamaan PID digital. Jika diimplementasikan hanya berupa sebuah program saja yang ditanamkan ke dalam *embedded system* (mikroprosesor atau mikrokontroler).

2.6.1. Kontrol Proporsional (P)

Kontrol proporsional berfungsi untuk memperkuat sinyal kesalahan penggerak, sehingga akan mempercepat keluaran sistem mencapai titik referensi. Hubungan antara input kontroler $u(t)$ dengan sinyal *error* $e(t)$ terlihat pada Persamaan 2.3 berikut.

$$u(t) = K_p e(t) \quad (2.3)$$

Apabila Persamaan 2.3 didiskritkan maka akan menjadi:

$$u(k) = K_p e(k) \quad (2.4)$$

2.6.2. Kontrol Integral (I)

Kontrol integral pada prinsipnya bertujuan untuk menghilangkan kesalahan keadaan tunak (*offset*) yang biasanya dihasilkan oleh kontrol proporsional. Hubungan antara output kontrol integral $u(t)$ dengan sinyal *error* $e(t)$ terlihat pada Persamaan 2.5 berikut.

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad (2.5)$$

Apabila Persamaan 2.5 didiskritkan maka akan menjadi:

$$u(k) = K_i \sum_{i=0}^k e(i) T_c \quad (2.6)$$

$$u(k) = K_i T_c \sum_{i=0}^k e(i) = K_i T_c [e(0) + e(1) + \dots + e(k-1) + e(k)] \quad (2.7)$$

$$u(k) = K_i T_c [e(k-1) + e(k)] \quad (2.8)$$

Dimana:

T_c = waktu pencuplikan (*sampling time*)

Integral (\int) adalah suatu operator matematis dalam kawasan kontinyu, jika didiskritkan maka akan menjadi sigma (\sum). Fungsi dari operator sigma adalah menjumlahkan nilai ke-I sampai dengan nilai ke-k. Berdasarkan perhitungan di atas, variabel *error* (e) yang diintegalkan dalam kawasan diskrit akan menjadi $e(0)+e(1)+\dots+e(k-1)+e(k)$, atau dengan kata lain *error-error* yang sebelumnya dijumlahkan hingga *error* yang sekarang.

2.6.3. Kontrol Derivatif (D)

Kontrol derivatif dapat disebut pengendali laju, karena *output* kontroler sebanding dengan laju perubahan sinyal *error*. Hubungan antara *output* kontrol derivatif $u(t)$ dengan sinyal *error* $e(t)$ terlihat pada Persamaan 2.9 berikut.

$$u(t) = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.9)$$

Apabila Persamaan 2.9 didiskritkan maka akan menjadi:

$$u(k) = K_d \frac{e(k) - e(k-1)}{T_c} \quad (2.10)$$

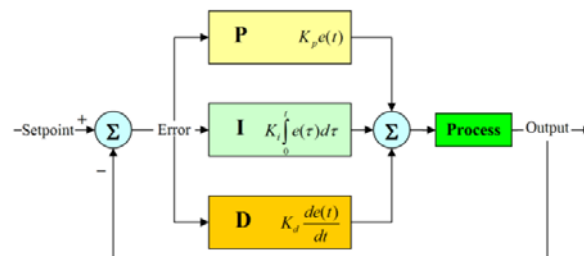
dimana:

T_c = waktu pencuplikan (*sampling time*)

Derivatif (dx/dt) adalah suatu operator matematis pada kawasan kontinyu, jika didiskritkan maka akan menjadi limit. Fungsi dari operator limit adalah mengurangi nilai ke-k dengan nilai ke-[k-1].

2.6.4. Kontrol PID

Gabungan dari ketiga kontroler tersebut disebut dengan “kontroler PID” [8]. Diagram Blok dari kontroler PID ditunjukkan pada Gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7. Diagram Blok Kontroler PID

Kontroler ini dapat digunakan untuk memperbaiki respon transien dengan memprediksi *error* yang akan terjadi.

2.6.5. Aksi Kontrol Proportional + Integral + Derivatif

Aksi kontrol gabungan ini menghasilkan performansi serta keuntungan gabungan dari aksi kontrol sebelumnya. PID mempunyai karakteristik *reset control* dan *rate control* yaitu meningkatkan respon dan stabilitas sistem serta mengeliminasi *steady state error*.

Ini adalah kombinasi dari ketiga aksi kontrol:

$$Vo = Kp \cdot e(t) + Ki \int_0^t e(t)dt + Kd \frac{de(t)}{dt} \quad (2.11)$$

Dari Persamaan 2.11 dapat dirumuskan menjadi pen-digitalization PID dengan berbagai metode, sehingga diperoleh bentuk digital diskritnya menjadi persamaan 2.12

$$u(k) = K_p e_k + K_I T \sum_0^K e_k + \frac{1}{T} K_D (e_k - e_{k-1}) \quad (2.12)$$

Jika kita terapkan dalam bahasa pemrograman menjadi Persamaan 2.13.

$$Vo = Kp \times error + Ki \times (error + last_error) \times Ts + \frac{Kd}{Ts} \times (error - last_error) \quad (2.13)$$

dengan:

Ts = time sampling

$Error$ = nilai kesalahan

$Last_error$ = nilai *error* sebelumnya.

Deviasi atau simpangan antar variabel terukur (PV) dengan nilai acuan (SP) disebut *error* (galat) sehingga dirumuskan pada Persamaan 2.14.

$$Error = SP - PV \quad (2.14)$$

dengan:

SP = Setpoint

PV = Present Value

$Error$ = nilai kesalahan.

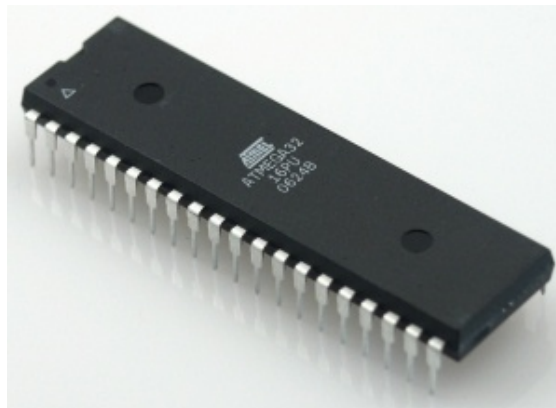
Nilai *error* dari pembacaan sensor ini yang dijadikan aksi perhitungan kendali PID.

2.7. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah salah satu dari bagian dasar dari suatu sistem komputer. Meskipun mempunyai bentuk yang jauh lebih kecil dari suatu komputer pribadi dan *computer mainframe*, mikrokontroler dibangun dari elemen-elemen dasar yang sama. Secara sederhana, komputer akan menghasilkan keluaran spesifik berdasarkan masukan yang diterima dan program yang dikerjakan [9].

2.7.1. Mikrokontroler AVR ATmega32

Mikrokontroler jika diartikan secara harfiah, berarti pengendali berukuran mikro, merupakan sebuah *device* yang di dalamnya sudah terintegrasi dengan I/O port dan memori ROM (*Read Only Memory*) dan RAM (*Random Access Memory*) sehingga dapat digunakan untuk berbagai keperluan kontrol. Gambar 2.8 merupakan bentuk fisik dari mikrokontroler ATmega32.



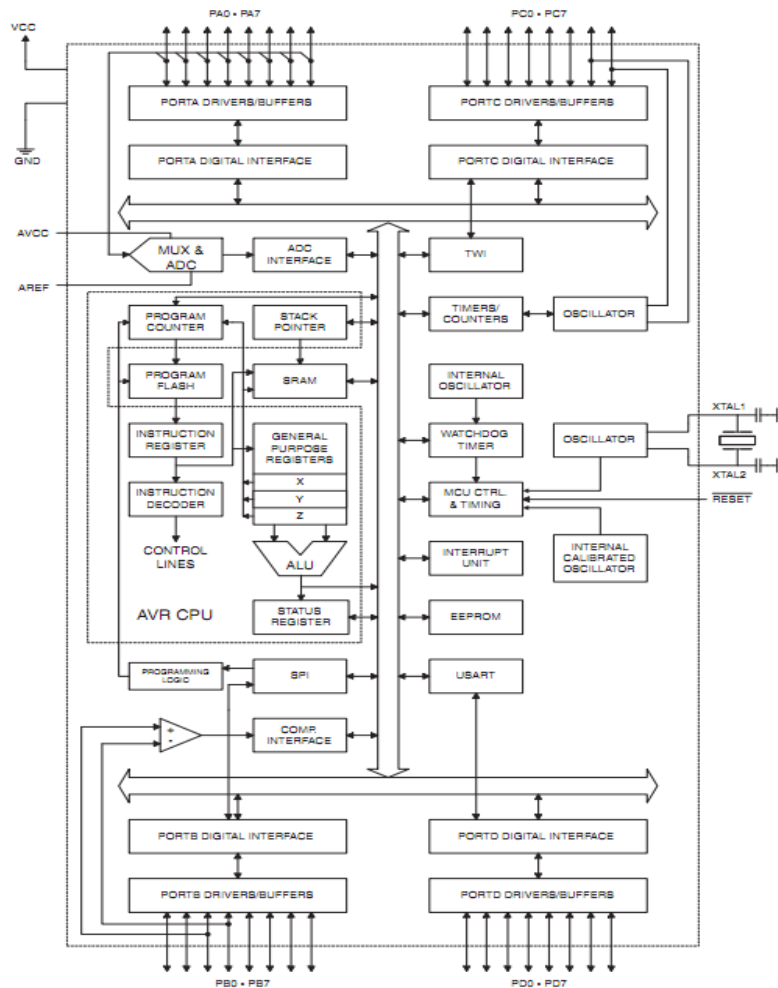
Gambar 2.8. Bentuk Fisik Mikrokontroler ATmega32
(Sumber: Datasheet ATmega32)

Berbeda dengan mikrokomputer yang memiliki bagian-bagian tersebut secara terpisah, mikrokontroler mengkombinasikan bagian tersebut dalam tingkat *chip*. AVR ATmega merupakan seri mikrokontroler 8 *bit* yang berarsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computing*). Inti AVR adalah kombinasi berbagai macam instruksi dengan 32 *register* serba guna. *Register-register* tersebut terhubung langsung dengan ALU (*Arithmetic Logic Unit*) yang memungkinkan 2 *register independent* untuk diakses dalam satu pelaksanaan instruksi dengan 1 siklus detak.

Keuntungan dari arsitektur ini adalah kode program yang lebih efisien sementara keberhasilan keseluruhan sepuluh kali lebih cepat dibandingkan dengan CISC (*Complex Instruction Set Computing*) yang konvensional. Kelebihan dari ATmega32 sehingga baik digunakan sebagai pengontrol utama yaitu:

1. Mempunyai performa tinggi (berkecepatan akses maksimum 16 MHz) tetapi hemat daya.
2. Memori untuk program flash cukup besar yaitu 32 Kb.
3. Memori internal (SRAM) cukup besar yaitu 2 Kb.
4. Mendukung hubungan serial SPI.
5. Tersedia 3 *channel timer/counter* (2 untuk 8 bit dan 1 untuk 16 bit).

Gambar 2.9 berikut ini menunjukkan arsitektur ATmega32.

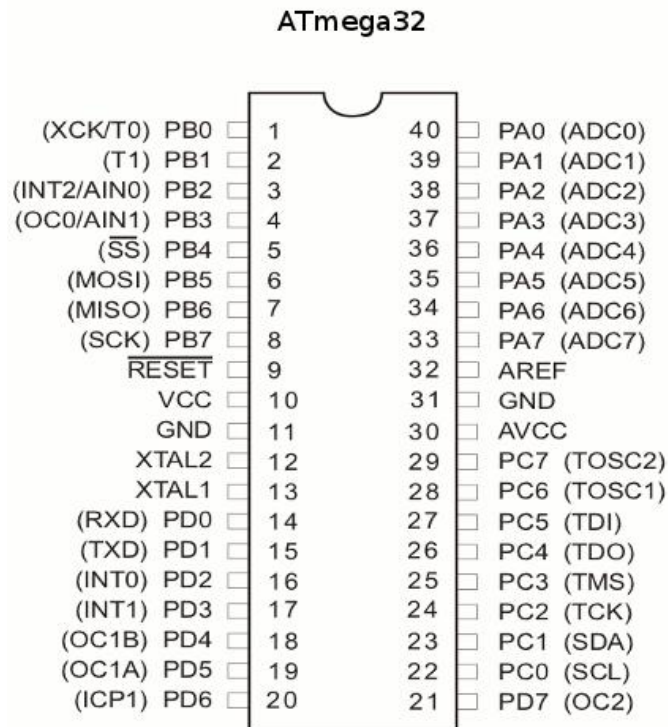


Gambar 2.9. Arsitektur ATmega32
(Sumber: Datasheet ATmega32)

Kecepatan eksekusi ditentukan dari hasil pembangkitan detak pada blok osilator *internal*. Detak juga dipergunakan sebagai dasar pembangkitan *timer*, termasuk dalam fungsi *timer* tersebut adalah PWM (*Pulse Width Modulation*) dan *baudrate* untuk komunikasi serial. Penggunaan fungsi timer dapat pula dimodekan sebagai sumber *interupsi*.

ATmega32 dilengkapi dengan ADC (*Analog to Digital Conversion*) 10 bit dengan multiplek untuk 8 jalur masukan, dimana ADC dapat juga dipergunakan sebagai sumber interupsi. Pemilihan saluran dan proses konversi dilakukan dengan memberikan data pada *register* yang berkaitan. Kelengkapan lain adalah untuk fungsi komunikasi serial, di mana terdapat tiga format komunikasi yang dapat digunakan yaitu USART (*Universal Synchronous and asynchronous Interface*).

Semua fasilitas serial dapat dipergunakan dalam variasi kecepatan transmisi yang sangat bergantung pada besarnya penggunaan sumber detak dan pengisian register yang berkaitan. Adapun susunan kaki mikrokontroler ATmega32 ditunjukkan pada gambar 2.10 berikut ini [10].



Gambar 2.10. Susunan Kaki Mikrokontroler ATmega32
(Sumber: Datasheet ATmega32)

Penjelasan konfigurasi pin pada mikrokontroler ATmega32 secara umum [10]:

1. Pin 1 sampai 8 (Port B) merupakan port paralel 8 *bit* dua arah (*bitdirectional*), yang dapat dipergunakan untuk *general purpose* dan *special feature*.
2. Pin 9 (Reset) jika terdapat minimum *pulse* pada saat *active low*.
3. Pin 10 (VCC) dihubungkan ke VCC (2,7 – 5,5 Volt).
4. Pin 11 dan 31 (GND) dihubungkan ke Vss atau Ground.
5. Pin 12 (XTAL 2) adalah pin masukan ke rangkaian *osilator internal*. Sebuah osilator kristal atau sumber osilator luar dapat digunakan.
6. Pin 13 (XTAL 1) adalah pin keluaran ke rangkaian *osilator internal*. Pin ini dipakai bila menggunakan osilator kristal.
7. Pin 14 sampai 21 (Port D) adalah 8 *bit* dua arah (*bitdirectional*), yang dapat digunakan *general purpose* dan *special feature*.
8. Pin 22 sampai 29 (Port C) adalah 8 *bit* dua arah (*bitdirectional*), yang dapat digunakan untuk *general purpose* dan *special feature*.
9. Pin 30 adalah Avcc pin penyuplai daya untuk port A dan ADC dan dihubungkan ke Vcc. Jika ADC digunakan maka pin ini dihubungkan ke Vcc.
10. Pin 32 adalah AREF pin yang berfungsi sebagai referensi untuk pin analog jika ADC digunakan.
11. Pin 33 sampai 40 (Port A) adalah 8 *bit* dua arah (*bitdirectional*), yang dapat digunakan untuk *general purpose* dan *special feature*.

Penjelasan konfigurasi pin pada mikrokontroler ATmega32 yang mempunyai fungsi khusus yaitu [10]:

1. Pin 33 sampai 40 (Port A) dapat digunakan sebagai berikut.

Tabel 2.1 Fungsi Khusus Port A

Pin	Fungsi Khusus
Port A0	Input ADC Port A 0
Port A1	Input ADC Port A 1
Port A2	Input ADC Port A 2

Port A3	Input ADC Port A 3
Port A4	Input ADC Port A 4
Port A5	Input ADC Port A 5
Port A6	Input ADC Port A 6
Port A7	Input ADC Port A 7

2. Pin 1 sampai 8 (Port B) dapat digunakan sebagai berikut.

Tabel 2.2 Fungsi Khusus Port B

Pin	Fungsi Khusus
PB0	T0 (Timer/Counter 0 External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output)
PB1	T1 (Timer/Counter 1 External Counter Input)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer/Counter 0 Output Compare Match Output)
PB4	SS (SPI Slave Select Input)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)

3. Pin 22 sampai 29 Port C dapat digunakan sebagai berikut.

Tabel 2.3 Fungsi Khusus Port C

Pin	Fungsi Khusus
PC0	SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)
PC1	SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PC2	TCK (Joint Test Action Group Test Clock)
PC3	TMS (JTAG Test Mode Select)
PC4	TDO (JTAG Test Data Out)
PC5	TDI (JTAG Test Data In)
PC6	TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)
PC7	TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)

4. Pin 14 sampai 21 (Port D) dapat digunakan sebagai berikut.

Tabel 2.4 Fungsi Khusus Port D

Pin	Fungsi Khusus
PD0	RXD (USART Input Pin)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD4	OC1B (Timer/Counter 1 Output Compare B Match Output)
PD5	OC1A (Timer/Counter 1 Output Compare A Match Output)
PD6	ICP1 (Timer/Counter 1 Input Compare Pin)
PD7	OC2 (Timer/Counter 2 Output Compare Match Output)

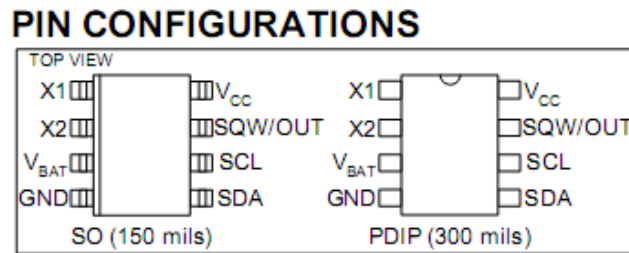
Mikrokontroler ATmega32 merupakan *low power* CMOS mikrokontroler 8-bit yang dikembangkan oleh Atmel dengan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) Sehingga dapat mencapai *throughput* eksekusi instruksi 1 MIPS (*Million Instruction Per Second*) [10].

2.7.2. RTC (*Real Time Clock*) DS 1307

RTC (*Real Time Clock*) DS1307 adalah IC yang dibuat oleh perusahaan Dallas Semiconductor [11]. IC ini memiliki kristal yang dapat mempertahankan frekuensinya dengan baik. *Real-time clock* DS1307 memiliki fitur sebagai berikut:

1. *Real-time clock* (RTC) menyimpan data-data detik, menit, jam, tanggal, bulan, dan hari dalam seminggu, dan tahun valid hingga 2100.
2. 56-byte, *battery-backed*, RAM *nonvolatile* (NV) RAM untuk penyimpanan.
3. Antarmuka serial *Two-wire* (I2C).
4. Sinyal keluaran gelombang-kotak terprogram (*Programmable squarewave*).
5. Deteksi otomatis kegagalan-daya (*power-fail*) dan rangkaian *switch*.
6. Konsumsi daya kurang dari 500nA menggunakan mode baterai cadangan dengan operasional osilator.
7. Tersedia fitur industri dengan ketahanan suhu: -40°C hingga +85°C.
8. Tersedia dalam kemasan 8-pin DIP atau SOIC.

Sedangkan daftar pin RTC DS1307 diperlihatkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Pin RTC DS1307
(Sumber: Datasheet RTC DS1307)

Penjelasan dari masing-masing pin adalah sebagai berikut:

1. X1 dan X2 adalah pin yang dihubungkan dengan kristal 32.768 KHz.
2. V_{BAT} adalah pin yang dihubungkan dengan baterai +3V.
3. GND adalah pin yang dihubungkan ke *ground*
4. SDA adalah pin yang difungsikan sebagai jalur data.
5. SCL adalah pin yang difungsikan sebagai jalur *clock*.
6. SQW/OUT adalah pin yang digunakan sebagai keluaran sinyal kotak.
7. V_{CC} adalah pin yang digunakan untuk mencatu tegangan 5V.

2.7.3. Relay

Relay adalah saklar mekanik yang dikendalikan atau dikontrol secara elektronik (elektromagnetik) [12]. Saklar pada *relay* akan terjadi perubahan posisi *OFF* ke *ON* pada saat diberikan energi elektromagnetik pada *armature relay* tersebut. *Relay* pada dasarnya terdiri dari 2 bagian utama yaitu bagian kumparan dan *contact point*. Ketika kumparan diberikan tegangan DC atau AC, maka akan terbentuklah medan elektromagnetik yang mengakibatkan *contact point* akan mengalami *switch* ke bagian lain. Keadaan ini akan bertahan selama arus masih mengalir pada kumparan *relay*. *Contact point* akan kembali *switch* ke posisi semula jika tidak ada lagi arus yang mengalir pada kumparan *relay*.

Relay memiliki kondisi *contact point* dalam 2 posisi. Kedua posisi ini akan berubah pada saat *relay* mendapat tegangan sumber pada kumparan. Kedua posisi tersebut adalah:

1. Posisi NO (*Normally Open*), yaitu posisi *contact point* yang terhubung ke terminal NO (*Normally Open*). Kondisi ini akan terjadi pada saat *relay* mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya.
2. Posisi NC (*Normally Close*), yaitu posisi *contact point* yang terhubung ke terminal NC (*Normally Close*). Kondisi ini terjadi pada saat *relay* tidak mendapat tegangan sumber pada elektromagnetnya.

Dilihat dari desain saklarnya maka *relay* dibedakan menjadi:

1. SPST (*Single Pole Single Throw*), *relay* ini memiliki 4 terminal yaitu 2 terminal untuk input kumparan elektromagnetik dan 2 terminal saklar. *Relay* ini hanya memiliki posisi NO (*Normally Open*) saja.
2. SPDT (*Single Pole Double Throw*), *relay* ini memiliki 5 terminal yaitu terdiri dari 2 terminal untuk input kumparan elektromagnetik dan 3 terminal saklar, *relay* jenis ini memiliki 2 kondisi NO dan NC.
3. DPST (*Double Pole Single Throw*), *relay* jenis ini memiliki 6 terminal yaitu terdiri dari 2 terminal untuk input kumparan elektromagnetik dan 4 terminal saklar untuk 2 saklar yang masing-masing saklar hanya memiliki kondisi NO saja.
4. DPDT (*Double Pole Double Throw*), *relay* jenis ini memiliki 8 terminal yang terdiri dari 2 terminal untuk kumparan elektromagnetik dan 6 terminal untuk 2 saklar dengan 2 kondisi NC dan NO untuk masing-masing saklarnya.

Penulis menggunakan *relay* dengan catuan tegangan 12V DC berjenis SPDT (*Single Pole Double Throw*) seperti yang terlihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Relay Tipe SPDT (*Single Pole Double Throw*)

2.7.4. Komunikasi Serial RS232

Komunikasi serial RS232 adalah suatu protokol komunikasi serial yang mode pengoperasiannya *single ended* artinya *Signal* RS232 direpresentasikan dengan level tegangan +3V sampai +12V sebagai ON atau stat 0 atau disebut sebagai kondisi *SPACE*, sedangkan tegangan -3V sampai -12V direpresentasikan sebagai *OFF* atau stat 1 atau disebut sebagai kondisi *MARK*. Komunikasi data pada RS232 dilakukan dengan satu *transmitter* dan satu *receiver*, jadi sistem komunikasinya yaitu antara 2 *device* saja. RS232 dirancang untuk data *rate maximum* 20 kb/s dan dengan jarak maksimum sekitar 20 Ft. Komunikasi serial dengan RS232 ini sudah tersedia di pasaran dalam bentuk IC, yang dapat digunakan dan sudah kompatibel dengan mikrokontroler. Contohnya adalah IC 232 (MAX232). IC ini banyak digunakan dalam aplikasi-aplikasi komunikasi data dengan RS232 [13].

2.7.5. LCD 20x4

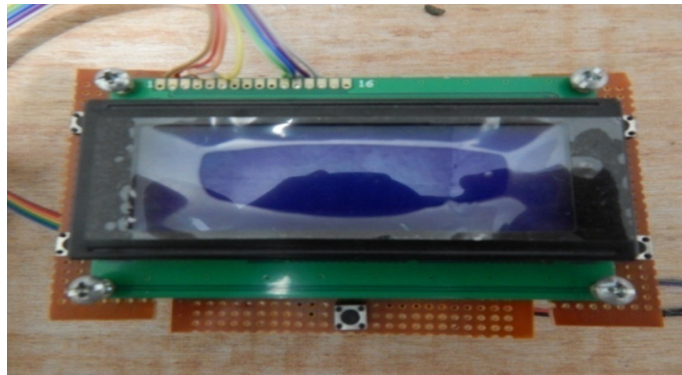
Banyak sekali kegunaan LCD dalam perancangan suatu sistem yang menggunakan mikrokontroler. LCD berfungsi menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. LCD yang digunakan adalah jenis LCD 20x4. LCD 20x4 merupakan modul LCD dengan tampilan 20x4 baris dengan konsumsi daya rendah. Modul tersebut dilengkapi dengan mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan LCD. LCD ini dapat menampilkan total 80 karakter termasuk spasi, terlihat lebih kompleks jika dibandingkan dengan LCD yang 16x2 karakter saja. Adapun konfigurasi pin nya sama dengan 16x2 yakni terdapat 16 pin yang harus dicocokkan agar mendapatkan keluaran yang sesuai [14].

Fungsi pin-pin pada LCD 20x4 adalah:

1. Pin 1 dihubungkan ke *Ground*.
2. Pin 2 dihubungkan ke *Vcc +5V*.
3. Pin 3 dihubungkan ke bagian tengah daerah potensiometer 10 kOhm sebagai pengatur kontras.

4. Pin 4 memberitahu LCD bahwa sinyal yang dikirim adalah data, jika pin 4 ini diset ke logika 1 (*high*, +5) atau memberitahu bahwa sinyal yang dikirim adalah perintah jika pin ini diset dengan logika 0 (*low*, 0V).
5. Pin 5 berfungsi mengatur fungsi LCD. Jika diset ke logika 1, (*high*, +5) maka LCD berfungsi untuk menerima data (membaca data) dan berfungsi untuk mengeluarkan data. Jika pin ini diset ke logika 0 (*low*, 0V). Namun kebanyakan aplikasi hanya digunakan untuk menerima data sehingga pin 5 ini selalu dihubungkan ke Gnd.
6. Pin 6 dihubungkan ke *enable*. Berlogika 1 setiap kali penerimaan/pembacaan data.
7. Pin 7-14 dihubungkan ke data 8 bit data bus (aplikasi ini menggunakan 4 bit MSB saja, sehingga pin data yang digunakan hanya pin 11 sampai pin 14).
8. Pin 15-16 adalah tegangan untuk menyalakan lampu LCD.

Untuk lebih jelasnya bisa dilihat Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Pin-pin pada LCD 20x4

2.8. Power Supply

Sistem *power supply* merupakan faktor yang paling penting dalam suatu sistem, baik yang bersifat analog maupun digital. Karena suatu sistem tidak akan berfungsi atau berjalan dengan baik tanpa mendapat sumber tegangan dan bisa dikatakan sebagai suatu rangkaian yang menyediakan daya. Arus yang dikeluarkan *power supply* bersifat searah dan tidak lagi bolak-balik, tegangan yang dihasilkan juga kecil hanya beberapa volt saja, beda dengan tegangan listrik PLN yaitu 220 Volt [15].

Bagian-bagian yang terdapat pada rangkaian *power supply* adalah sebagai berikut [15]:

1. *Step Down*

Power supply menerima input dari jala-jala PLN sebesar 220 Volt. Tegangan AC tersebut masuk ke input transformator, bagian primer trafo berfungsi menurunkan daya listrik dan tegangan yang ada bersifat bolak-balik atau *Alternating Current* (AC) dan belum rata.

2. *Rectifier*

Dengan menggunakan dioda silikon, maka tegangan AC akan disearahkan atau diubah menjadi tegangan DC, tetapi tegangan yang dihasilkan belum rata.

3. *Filter*

Tegangan yang belum rata, diratakan oleh tapis perata berupa kapasitor bipolar atau *electrolit condensator* (Elco), sehingga dihasilkan tegangan DC yang rata.

4. *Stabilisator* atau *regulator*

Tegangan yang melewati kapasitor tidaklah benar-benar rata atau stabil, dapat lebih tinggi dari input sekunder trafo ataupun dapat lebih rendah. Sehingga diperlukan rangkaian stabilisator atau regulator untuk mengatasinya, sehingga keluaran yang dihasilkan benar-benar sesuai dengan yang diharapkan atau sesuai dengan input sekunder trafo. Komponen yang digunakan dapat berupa *diode zener*, transistor, atau IC.

2.9. Optocoupler 817C

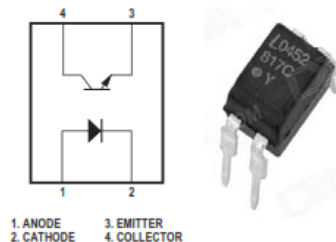
Optocoupler adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*, yaitu antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah. Biasanya optocoupler digunakan sebagai saklar elektrik, yang bekerja secara otomatis. Pada dasarnya optocoupler adalah suatu komponen penghubung (*coupling*) yang bekerja berdasarkan picu cahaya optik. Optocoupler terdiri dari dua bagian yaitu:

1. Pada *transmitter* dibangun dari sebuah LED inframerah. Jika dibandingkan dengan menggunakan LED biasa, LED inframerah

memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak. Cahaya yang dipancarkan oleh LED inframerah tidak terlihat oleh mata telanjang.

2. Pada bagian *receiver* dibangun dengan dasar komponen photodioda. Photodioda merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energi panas, begitu pula dengan spektrum inframerah. Karena spektrum inframerah mempunyai efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka photodioda lebih peka untuk menangkap radiasi dari sinar inframerah.

Sebagai piranti elektronika yang berfungsi sebagai pemisah antara rangkaian *power* dengan rangkaian kontrol. Komponen ini merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu *on/off*-nya. Opto berarti optik dan coupler berarti penghubung. Sehingga bisa diartikan bahwa optocoupler merupakan suatu komponen penghubung yang bekerja berdasarkan picu cahaya optik. Gambar 2.14 merupakan bentuk fisik dan dasar rangkaian optocoupler [16].



Gambar 2.14. Bentuk Fisik dan Dasar Rangkaian Optocoupler 817C
(Sumber: Datasheet Optocoupler 817)

2.10. Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem *closed feedback* di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian *gear*, *potensiometer* dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo, sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Tampak pada gambar dengan pulsa 1.5 mS pada periode selebar 2 mS, maka

sudut dari sumbu motor akan berada pada posisi tengah. Semakin lebar pulsa *OFF*, maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah jarum jam. Begitu juga sebaliknya semakin kecil pulsa *OFF*, maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah yang berlawanan dengan jarum jam [17].

Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinu seperti motor DC maupun *motor stepper*. Walau demikian, untuk beberapa keperluan tertentu, motor servo dapat dimodifikasi agar bergerak kontinu. Pada robot, motor ini sering digunakan untuk bagian kaki, lengan atau bagian-bagian lain yang mempunyai gerakan terbatas dan membutuhkan torsi cukup besar. Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) di mana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Motor Servo tampak pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15. Motor Servo

Motor Servo merupakan sebuah motor DC yang memiliki rangkaian *control elektronik* dan *internal gear* untuk mengendalikan pergerakan dan sudut angularnya. Sistem Mekanik Motor Servo tampak pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16. Sistem Mekanik Motor Servo

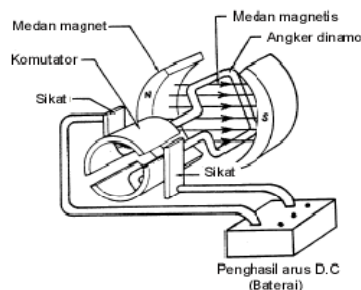
Motor servo adalah motor yang berputar lambat, di mana biasanya ditunjukkan oleh *rate* putarannya yang lambat, namun demikian memiliki torsi yang kuat karena *internal gearnya*.

Lebih dalam dapat digambarkan bahwa sebuah motor servo memiliki :

1. 3 jalur kabel : *power*, *ground*, dan *control*.
2. Sinyal *control* mengendalikan posisi.
3. Operasional dari servo motor dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 ms, di mana lebar pulsa antara 0.5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari range sudut maksimum.
4. Konstruksi di dalamnya meliputi *internal gear*, *potensiometer*, dan *feedback control* [17].

2.11. Motor DC

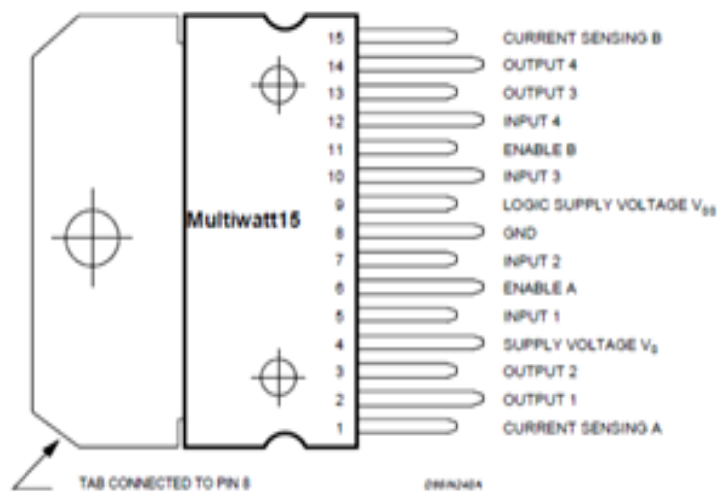
Motor DC merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen terlihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17. Motor DC Sederhana

Pada motor DC, daerah kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya berlangsung melalui medan magnet, dengan demikian medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan energi, sekaligus sebagai tempat berlangsungnya proses perubahan energi, daerah tersebut [18].

2.12. Driver Motor DC



Gambar 2.18. Driver Motor L298

Gambar 2.18 merupakan gambar *Driver* motor L298 yang digunakan untuk menggerakkan motor DC menggunakan mikrokontroler [19]. Arus yang mampu diterima atau yang dikeluarkan oleh mikrokontroler sangat kecil (dalam satuan mili ampere) sehingga agar mikrokontroler dapat menggerakkan motor DC diperlukan suatu rangkaian *driver* motor yang mampu mengalirkan arus sampai dengan beberapa ampere. Rangkaian *driver* motor DC dapat berupa rangkaian transistor, *relay*, atau IC (*Integrated Circuit*). Rangkaian *driver* yang umum digunakan adalah dengan IC L298. IC L298 berisi 2 *channel driver* dan tegangan kerja IC L298 dari 6 volt sampai dengan 46 volt dan memiliki kemampuan menggerakkan motor DC sampai arus 2 ampere.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alat dan Bahan yang digunakan

Adapun peralatan dan bahan yang digunakan untuk merancang sistem pengendalian dan pengontrolan intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan pada rumah kaca ini adalah sebagai berikut.

a. Alat

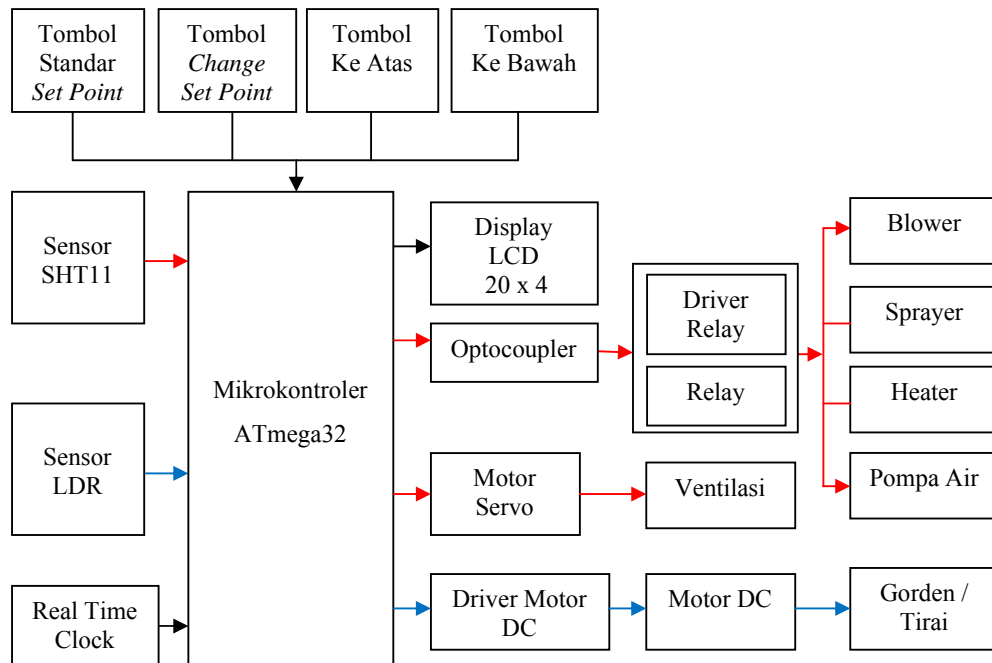
1. Laptop tipe pentium *dual core* CPUT4300 2,10 GHz, memori 3 GB RAM dan sistem operasi *microsoft windows 7* Profesional untuk membuat program dan penulisan laporan.
2. Mikrokontroler ATMega32.
3. Motor Servo Standar (180°), Sensor LDR, dan SHT11.
4. Motor DC dan *driver* motor DC.
5. *Power supply*.
6. Solder, obeng, tang, dan multimeter.
7. LCD 20x4, USB ASP, dan kabel konektor.
8. LED 5mm.
9. Akrilik 1x2 meter, lem, dan lampu pijar

b. Bahan

1. Literatur/*Datasheet* ATMega32, sensor LDR, dan SHT11.
2. Literatur pengendalian intensitas cahaya, kelembapan, dan suhu pada rumah kaca.
3. Perangkat lunak mikrokontroler Bascom™ AVR.
4. Data kendali lingkungan (*environment*) pada intensitas cahaya, kelembapan, dan suhu.

3.2. Skema Pengontrolan Rumah Kaca

Secara umum pengontrolan rumah kaca dikendalikan oleh *board* Mikrokontroler ATmega32. Sensor LDR dan SHT11 mempunyai tugasnya masing-masing dalam mendeteksi lingkungan sekitarnya baik itu intensitas cahaya, kelembapan, dan suhu. Diinginkan setiap sensor dapat berkerja secara maksimal sehingga dapat memungkinkan pengontrolan rumah kaca secara baik. Adapun aktuatornya bekerja berdasarkan pendeteksian sensor. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Skema Pengontrolan *Greenhouse*

Skema pada Gambar 3.1 menjelaskan rancangan sistem pengontrolan rumah kaca. Sensor SHT11 dan LDR akan dipasang dekat pada tumbuhan di dalam rumah kaca. Cara kerja yang ditunjukkan pada skema tersebut yaitu pertama LCD menampilkan menu untuk mengatur standar *set point* atau *change set point* sebelum sistem berjalan dengan otomatis. Jika yang dipilih standar *set point* maka alat akan bekerja sesuai dengan standar *set point* yang telah diprogram sebelumnya. Jika yang dipilih *change set point* maka alat akan bekerja sesuai dengan *set point* yang telah kita tentukan dengan menekan tombol di LCD.

Setelah selesai maka mikrokontroler akan menyimpan data hasil *set point* yang telah ditentukan, serta sensor LDR dan SHT11 akan langsung bekerja mendeteksi lingkungan sekitar. Hasil dari pembacaan sensor tersebut akan diolah oleh mikrokontroler dan langsung ditampilkan di LCD. Pada sensor SHT11 terdapat dua sensor yaitu sensor yang dapat mendeteksi suhu dan mendeteksi kelembapan. Apabila yang dideteksi suhu terlalu panas, maka udara di dalam akan panas dan kelembapan akan menurun, maka secara otomatis aktuator akan menghidupkan *blower*, *sprayer*, dan ventilasi akan terbuka. Begitu juga sebaliknya apabila suhu yang dideteksi terlalu dingin, maka udara di dalam akan dingin dan kelembapan akan naik, maka secara otomatis aktuator akan menghidupkan *heater*.

Sensor LDR berfungsi mendeteksi intensitas cahaya, apabila nilai dari *set point* intensitas cahaya menurun, maka gorden akan membuka. Begitu juga sebaliknya, apabila nilai dari *set point* intensitas cahaya naik, maka gorden akan menutup. Pada rancangan ini menggunakan enam buah motor DC yaitu sepasang motor untuk gorden di bagian kiri, sepasang motor untuk gorden di bagian tengah, dan sepasang motor lagi untuk gorden di bagian kanan, juga sepasang motor servo untuk menggerakkan ventilasi. Pompa air akan digunakan sesuai dengan waktu yang telah diatur.

3.3. Perancangan Sistem (*Hardware* dan *Software*)

Pembuatan perangkat keras (*hardware*) dan tahap perancangan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras yang dimaksud adalah sistem pengontrolan rumah kaca dengan menggunakan mikrokontroler. Sedangkan perancangan perangkat lunak adalah pembuatan program menggunakan *Bascom AVR* yang kemudian program tersebut didownload ke dalam mikrokontroler.

3.3.1. Rangkaian *Power Supply*

Power supply berfungsi untuk menyuplai arus dan tegangan ke seluruh rangkaian yang ada. Terlihat seperti rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 terdiri dari dua rangkaian *power supply*. *Power supply* di bagian kiri ini menyuplai arus dan tegangan sebesar ± 9 volt untuk menghidupkan seluruh rangkaian yang ada pada mikrokontroler, sedangkan *power supply* pada bagian

kanan ini menyuplai arus dan tegangan sebesar ± 9 volt dan ± 220 volt untuk menghidupkan rangkaian pada relay dan aktuator.

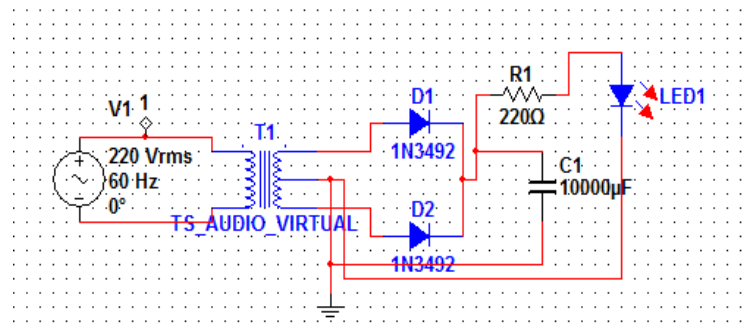


a. Power Supply Kiri

b. Power Supply Kanan

Gambar 3.2. Power Supply

Trafo *stepdown* yang berfungsi menurunkan tegangan dari ± 220 volt AC menjadi ± 9 volt AC. Kemudian ± 9 volt AC akan disearahkan dengan menggunakan dua buah dioda yang akan menghasilkan nilai ± 9 volt DC, selanjutnya ± 9 volt DC akan diratakan oleh kapasitor $10000 \mu\text{F}$ dan $3300 \mu\text{F}$. Regulator tegangan 5 volt (L7805CV) digunakan agar keluaran yang dihasilkan tetap 5 volt walaupun terjadi perubahan tegangan masukannya. LED hanya berfungsi sebagai indikator apabila *power supply* dinyalakan. Tegangan 9 volt DC langsung diambil dari keluaran jembatan *diode* sedangkan tegangan 5 volt DC diambil dari keluaran regulator tegangan L7805CV. Gambar 3.3 berikut merupakan skema rangkaian *power supply*.

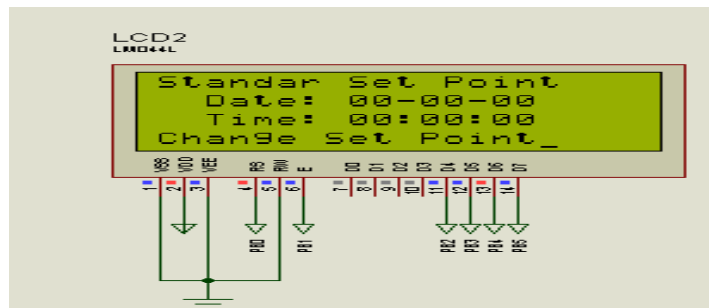


Gambar 3.3. Skema Rangkaian Power Supply

$$\begin{aligned}
 V_{out} &= \frac{2 \cdot V_s \text{ maks}}{\pi} = \frac{2 \cdot (1,41 \times 9 \text{ V})}{3,14} \\
 &= \frac{2 \cdot 12,69}{3,14} = \frac{25,38}{3,14} \\
 &= 8,082 \text{ V}
 \end{aligned}$$

3.3.2. Rangkaian LCD

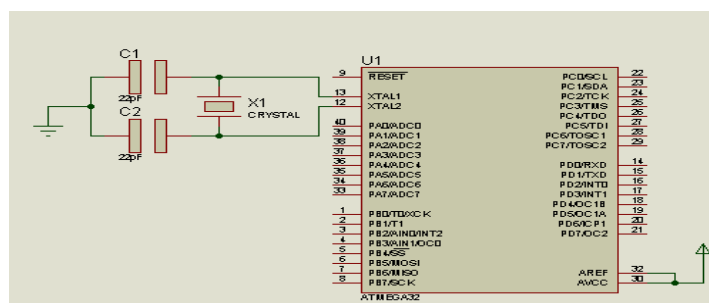
LCD digunakan untuk menampilkan hasil pengolahan data pada mikrokontroler dalam bentuk tulisan. LCD yang digunakan dalam alat ini ukuran 20x4, pin data yang digunakan sama dengan pin LCD M1632. Pin data LCD yang dihubungkan ke mikrokontroler hanya pin D4, D5, D6, dan D7. Sedangkan untuk jalur kontrolnya, pin LCD yang dihubungkan adalah pin RS dan E. LCD pada alat ini hanya digunakan sebagai penampil, sehingga pin R/W-nya dihubungkan ke *ground*. Rangkaian LCD dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Rangkaian LCD

3.3.3. Rangkaian Mikrokontroler

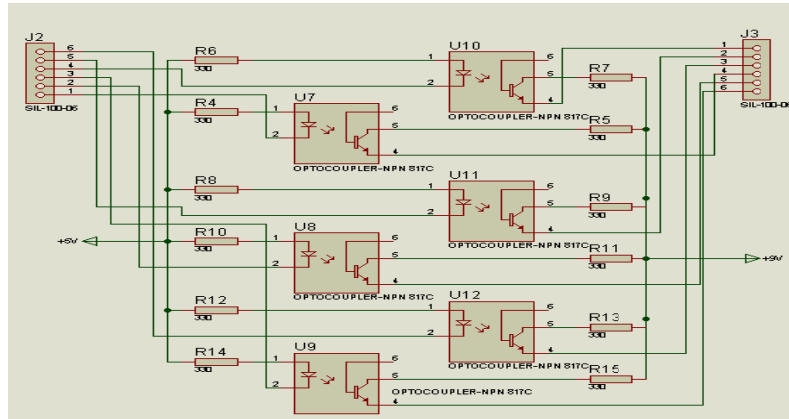
Rangkaian ini berfungsi sebagai pusat kendali dari seluruh sistem yang ada. Komponen utama dari rangkaian ini adalah IC mikrokontroler ATmega32. Rangkaian mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Rangkaian Mikrokontroler ATmega32

3.3.4. Rangkaian Optocoupler

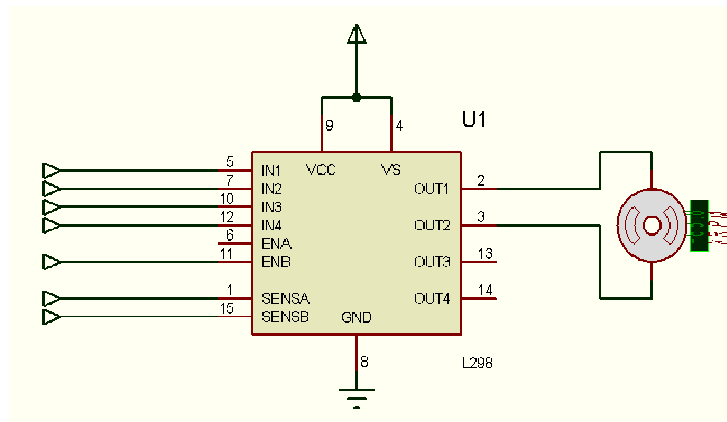
Rangkaian ini berfungsi untuk memisahkan sumber tegangan mikrokontroler dengan sumber tegangan *relay*, serta melindungi rangkaian sistem minimum mikrokontroler dari arus balik yang mungkin terjadi.



Gambar 3.6. Rangkaian Optocoupler 817C

3.3.5. Driver Motor DC

L298 adalah driver motor berbasis H-Bridge, mampu menangani beban hingga 4A pada tegangan 6V – 46V. Dalam *chip* terdapat dua rangkaian H-Bridge. Selain itu driver ini mampu mengendalikan 2 motor sekaligus dengan arus beban 2 A.



Gambar 3.7. Rangkaian Driver Motor L298

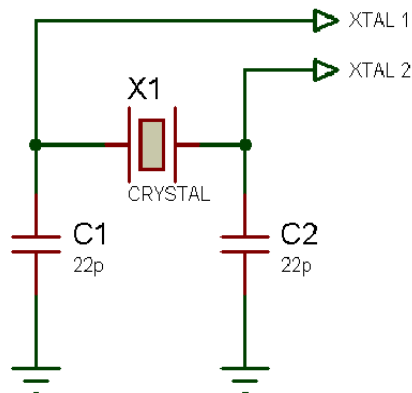
Rangkaian *driver* motor yang terlihat pada Gambar 3.7, untuk *output* motor DC digunakan diode. Hal ini ditujukan agar *driver* motor dapat menahan arus balik yang datang dari motor DC. *Input driver* motor berasal dari

mikrokontroler utama, untuk OUT1 dan OUT2 untuk input menggerakkan motor dan ENABLE B digunakan untuk mengatur kecepatan motor dengan menggunakan PWM.

3.3.6. Rangkaian Clock

Kecepatan proses yang dilakukan mikrokontroler ditentukan oleh sumber *clock* yang mengendalikan mikrokontroler tersebut. Hal ini disebabkan karena rangkaian *clock* berfungsi sebagai *generator clock* yang digunakan untuk menjalankan mikrokontroler, inilah yang menentukan berapa lama mikrokontroler bekerja dalam setiap siklus.

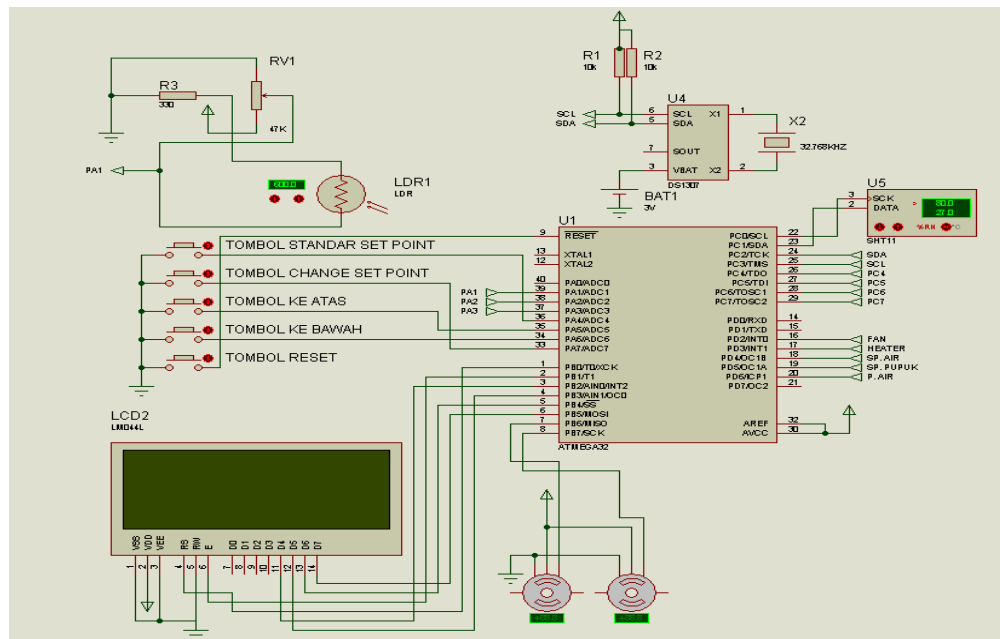
Rangkaian *clock* dirancang berdasarkan ketentuan yang ada pada *datasheet* AVR ATmega 32. Nilai C1 dan C2 yang diberikan yaitu $22\text{ pF} \pm 10\text{ pF}$. Untuk nilai kristal, mikrokontroler ATmega32 memiliki *range* frekuensi *clock* antara 0-16 MHz dan karena mikrokontroler dituntut untuk melakukan kinerja maksimal maka nilai kristal yang diberikan adalah 16 MHz. Perancangan ini digunakan kristal sebesar 11,059200 MHz sehingga kinerja yang cepat. Gambar 3.8 memperlihatkan rangkaian *clock* yang digunakan.



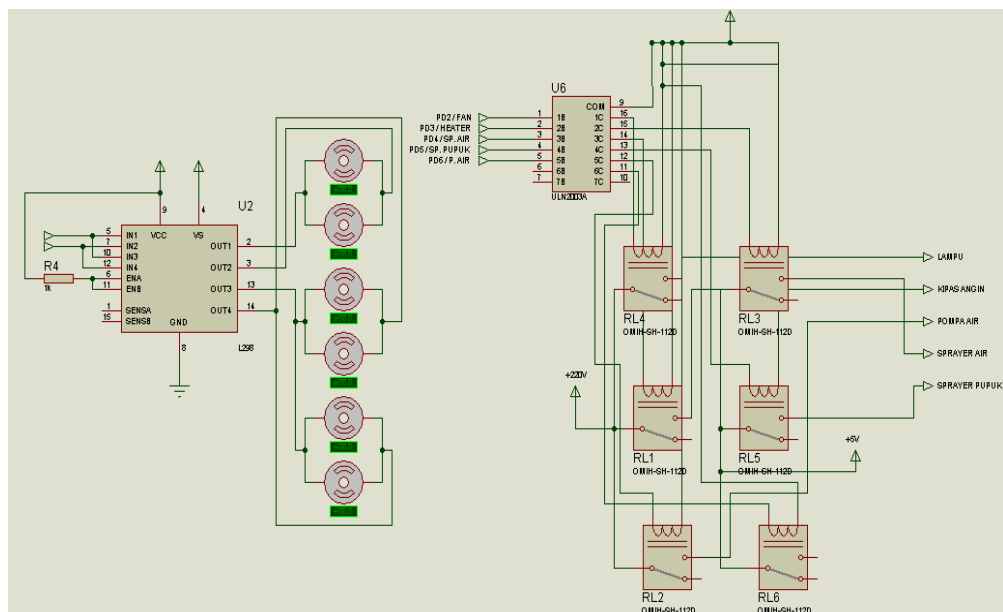
Gambar 3.8. Rangkaian Clock

3.4. Rangkaian Keseluruhan Rancangan *Hardware*

Rangkaian ini berfungsi sebagai pusat kendali dari seluruh sistem yang ada. Komponen utama dari rangkaian ini adalah IC mikrokontroler ATmega32. IC akan diisi program Bascom AVR, sehingga alat dapat berjalan sesuai dengan pemrograman. Rangkaian keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 3.9 dan Gambar 3.10.



Gambar 3.9. Rangkaian Keseluruhan Rumah Kaca Otomatis 1



Gambar 3.10. Rangkaian Keseluruhan Rumah Kaca Otomatis 2

3.5. Metode Pengujian

Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian terhadap sistem dari keseluruhan perancangan yang dibuat, diantaranya pengujian perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang dibuat bekerja dengan baik.

3.5.1. Pengujian Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler

Pada pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa sistem bekerja dengan baik, dengan cara menghubungkan setiap PORT yang ada di sistem minimum mikrokontroler dengan beberapa LED. Apabila LED yang digunakan sebagai indikator menyala (hidup), dapat dinyatakan bahwa PORT yang diuji dalam kondisi baik.

3.5.2. Pengujian Sensor Kelembapan dan Suhu (SHT11)

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian sensor SHT11 terhadap parameter yang dideteksinya. Sensor ini akan mendeteksi kelembapan dan suhu sehingga dapat diketahui data lingkungannya. Setelah mendapatkan data yang terukur dari kelembapan dan suhu, data tersebut akan dihitung *error* (galat) dengan cara nilai hasil pengukuran dikurangi dengan nilai sebenarnya. Pengujian dimaksudkan untuk pengambilan *error* data untuk pengendalian temperatur dan pengendalian kelembapan.

3.5.3. Pengujian Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)

Pengujian pada rangkaian sensor LDR hampir sama dengan pengujian sensor SHT11. Sensor akan mendapatkan data yang sebenarnya sedangkan alat ukur pembanding mendapatkan data yang terukur. Setelah mendapatkan data yang terukur dan sebenarnya maka dapat dihitung persentase *error*-nya. Pengujian ini menggunakan aktuator gordien atau tirai otomatis yang dikendalikan oleh motor DC. Gordien/tirai ini dimaksudkan untuk mengurangi intensitas cahaya matahari yang berlebihan, yang menyinari rumah kaca agar sistem di dalam rumah kaca dapat stabil dan bekerja dengan baik.

3.5.4. Pengujian Kerja *On-Off* Aktuator terhadap Sensor SHT11 dan LDR

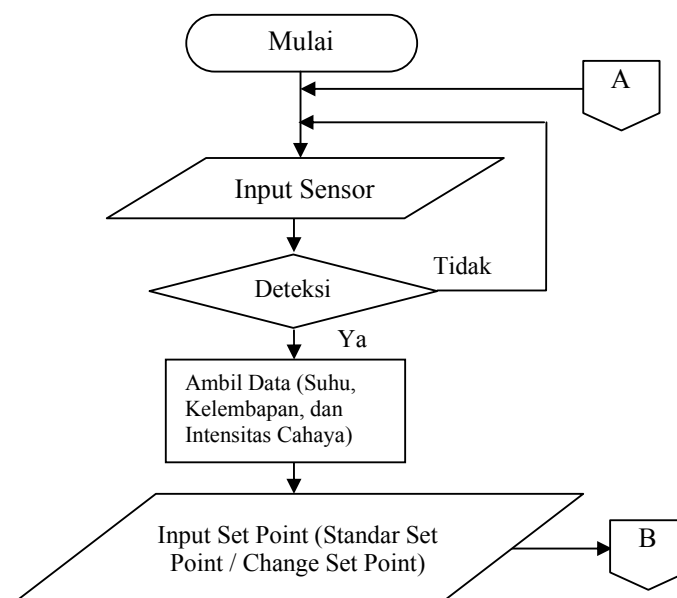
Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui kerja *on-off* aktuator terhadap sensor SHT11 dan sensor LDR. Untuk mengendalikan keseluruhan variabel yang ada di dalam rumah kaca, maka digunakanlah aktuator untuk menstabilkan sistem yang ada di dalam rumah kaca. Pada penelitian ini menggunakan beberapa aktuator yakni kipas angin, lampu, penyemprot air, dan ventilasi. Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah aktuator berjalan dengan baik atau tidak, sesuai dengan yang dikehendaki atau tidak untuk menjaga kestabilan sistem kinerja rumah kaca.

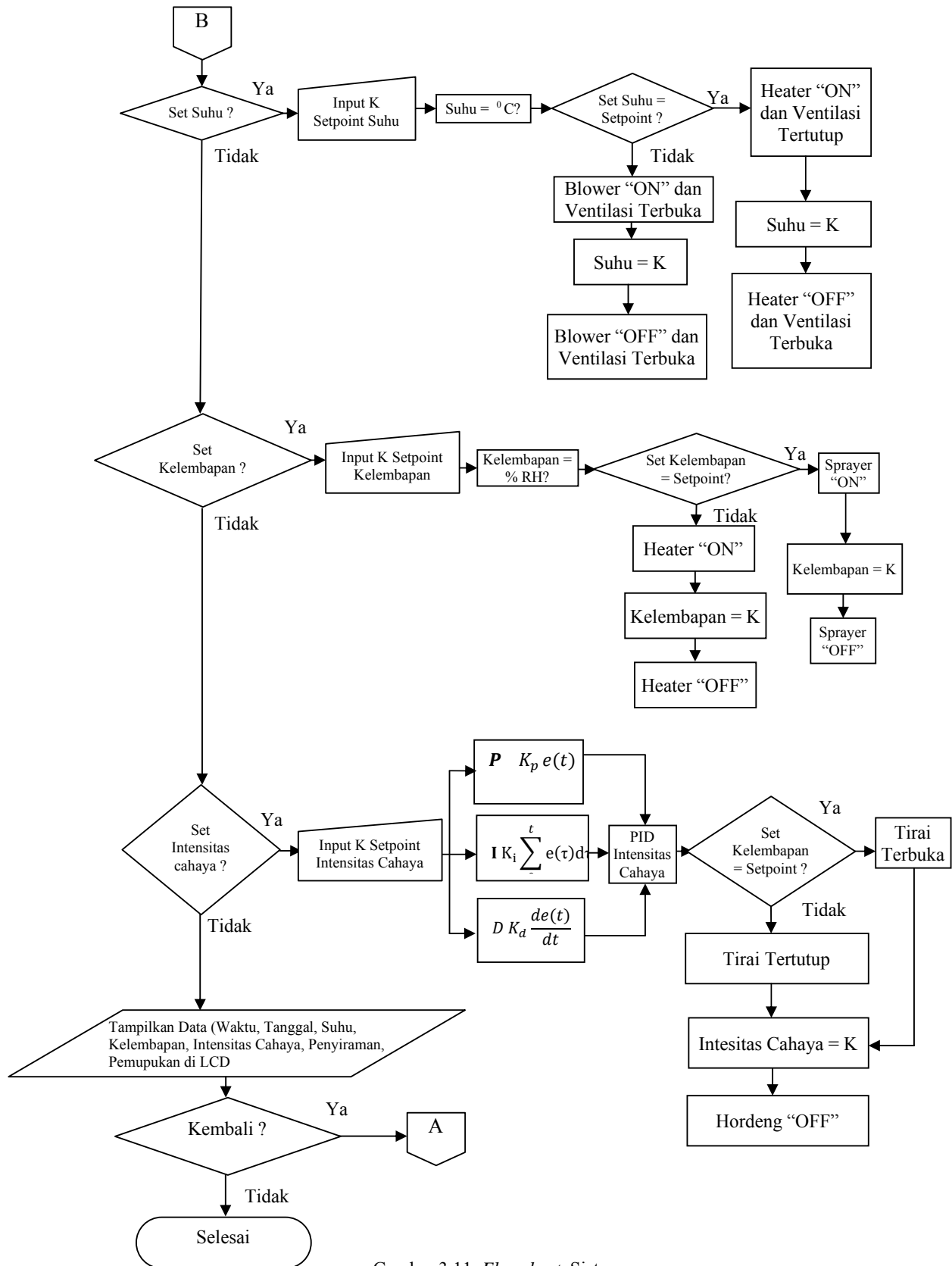
3.5.5. Pengujian Kinerja Sistem Pengendalian Suhu dan Kelembapan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui *respon time* (waktu respon) dari kinerja sistem pengendalian suhu dan kelembapan, dari keadaan awal sebelum alat dijalankan sampai keadaan menuju *set point*. Setelah mencapai *set point*, seberapa baik sistem menjaga keadaan stabil pada *set point* yang diinginkan.

3.6. Flowchart Sistem

Secara umum dapat dijelaskan perancangan pengendali suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya pada rumah kaca pada *flowchart* yang terlihat pada Gambar 3.11.





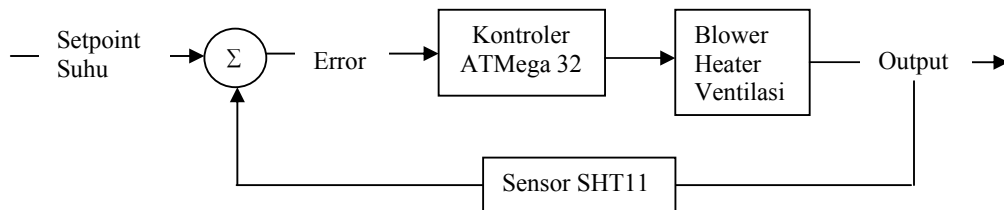
Gambar 3.11. Flowchart Sistem

Berdasarkan Gambar 3.11 skema cara kerja dari perancangan pengendali suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya pada rumah kaca dapat dijelaskan sebagai berikut:

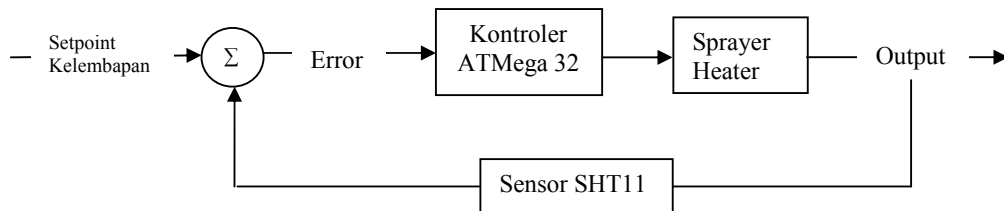
1. *Start* dilakukan dengan cara menghidupkan tombol *switch On/Off*.
2. Sensor akan mendeteksi lingkungan dan mengambil data berupa suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya.
3. Langkah selanjutnya mengatur *set point* yang telah diprogram sebelumnya, memilih standar *set point* atau *change set point*.
4. Jika standar *set point* sesuai dengan data tumbuhan, maka selanjutnya menjalankan alat sesuai dengan standar *set point*.
5. Jika tidak, maka kita bisa memilih *change set point* untuk memasukkan nilai *set point* sesuai dengan data tumbuhan yang akan diletakkan pada rumah kaca.
6. Setelah itu mikrokontroler akan menampilkan nilai *set point* yang telah ditetapkan berupa suhu, kelembapan, intensitas cahaya, penyiraman air, penyiraman pupuk, waktu, dan tanggal pada LCD.
7. Setelah berjalan, maka sistem akan menghitung nilai *error* dengan cara mengurangi nilai dari *set point* dari ketiga sensor dengan nilai keluaran variabel yang terukur dari sensor.
8. Jika pembacaan dari sensor suhu lebih besar dari nilai *set point*, maka *blower* (kipas angin) akan hidup dan ventilasi akan terbuka, begitu pula sebaliknya jika sensor suhu membaca suhu lebih kecil dari *set point*, maka *heater* (lampu) akan hidup dan ventilasi akan menutup.
9. Selanjutnya pembacaan dari sensor kelembapan apabila sensor membaca kelembapan lebih besar dari nilai *set point*, maka *heater* (lampu) akan hidup, jika sensor membaca kelembapan lebih kecil dari *set point* maka *sprayer* akan hidup.
10. Selanjutnya pembacaan dari sensor intensitas cahaya apabila sensor membaca intensitas cahaya lebih besar dari nilai *set point*, maka tirai akan menutup, sebaliknya apabila sensor membaca intensitas cahaya lebih kecil dari *set point* maka tirai akan terbuka.

11. Sistem akan melakukan proses selama berulang-ulang untuk mengendalikan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya sesuai dengan *set point* yang dikehendaki.
12. Apabila sensor tidak lagi melakukan pengukuran suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya maka proses selesai.

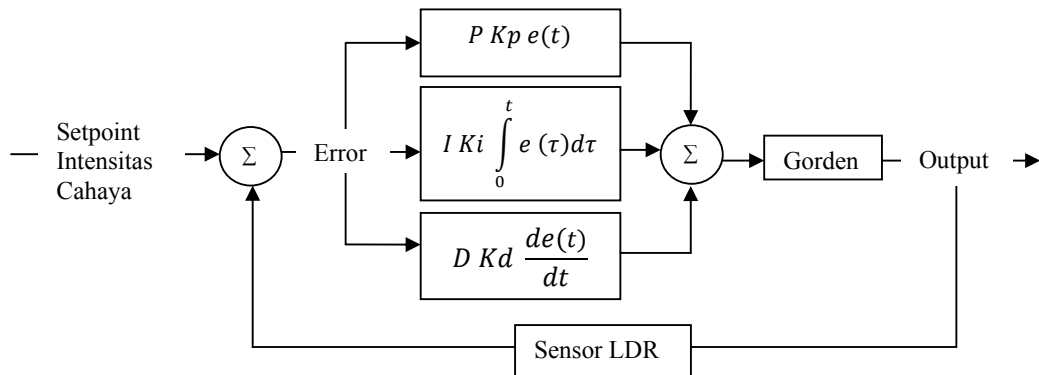
3.7. Diagram Blok Pengendalian Sistem pada Rumah Kaca



Gambar 3.12 Diagram Blok Pengendalian Suhu



Gambar 3.13 Diagram Blok Pengendalian Kelembapan



Gambar 3.14 Diagram Blok Pengendalian Intensitas Cahaya dengan Metode PID